TOME VI 1929

ANNALES

DU

SERVICE BOTANIQUE

DE LA DIRECTION GÉNÉRALE

DE L'AGRICULTURE, DU COMMERCE ET DE LA COLONISATION

DE TUNISIE

TUNIS

SOCIÉTÉ ANONYME DE L'IMPRIMERIE RAPIDE

5, rue Saint-Charles, 5

—

1930

L. GUILLOCHON

ÉTUDE SUR LES AURANTIACÉES

Origine des espèces

Les recherches qui ont eu pour but d'indiquer l'origine des différentes espèces d'Aurantiacées ont été faites par plusieurs auteurs anciens : botanistes, bibliographes, philologues même, tels que : GALLESIO (1811), ROYLE (1839), BRETSCHNEIDER (1870), RISSO (1872), DE CANDOLLE (1883), etc..., pour ne citer que les principaux.

Les renseignements recueillis représentent, dans leur ensemble, une certaine discordance vraisemblablement due à l'absence, à ces époques, d'une classification botanique des espèces qui constituent maintenant le genre *Citrus*.

Ci-après les principaux passages des notes qui ont été réunies par M. BOIS, et auxquelles nous avons ajouté les nôtres.

Le Bigaradier à fruits amers ainsi que l'Oranger (dénommé alors Bigaradier à fruits doux) étaient inconnus des Romains et des Grecs; mais, écrit GALLESIO, comme ces peuples avaient des relations avec l'Inde et Ceylan, il est à présumer que ces arbres n'étaient pas cultivés dans cette partie méridionale de l'Inde.

Pourtant, le Bigaradier croît à l'état indigène en Asie. WALLICH l'a trouvé dans le Sylhet (Inde Orientale), mais il doute de sa spontanéité.

J. HOOKER l'a observé à l'état sauvage dans le sud de l'Himalaya, et, d'après ce voyageur botaniste, la distribution du Bigaradier pourrait s'étendre vers l'Est, en Chine et en Cochinchine.

Des documents ainsi rapprochés, il semble donc résulter que c'est dans les contrées de l'Inde Orientale, de la Chine et de la Cochinchine que croissent à l'état spontané, et souvent mélangés, le Bigaradier nommé par certains auteurs Oranger à fruits amers et l'Oranger à fruits doux dénommé par les mêmes auteurs Bigaradier à fruits doux.

Ce sont les Arabes, écrit DE CANDOLLE, qui ont transporté les Orangers vers l'Occident. Au début, l'Orange amère (Bigarade) fut

(1) M. BOIS : *Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges.* — Vol. II. — Phanérogames fruitières (1928).

introduite parce que les médecins, dès le x^e^ siècle, prescrivaient le suc amer de l'Oranger pour la guérison des maladies de carence.

Le Docteur BRETSCHNEIDER (1) indique la Chine comme pays d'origine de l'Oranger et écrit : « Les oranges, dont il y a plusieurs « variétés en Chine, sont considérées par les Chinois comme étant « des fruits sauvages.

« On ne peut douter cependant que la plupart des variétés ne « soient indigènes, mais cultivées depuis des temps anciens.

« La preuve en est, ajoute cet auteur, que chaque variété porte « un nom, parce qu'elle se différencie par un caractère particulier. »

Le Mandarinier aurait aussi comme origine la Chine et l'Indo-Chine. Quant à l'Oranger doux, *Citrus Aurantium* L., qui est considéré généralement comme une espèce distincte, le Docteur TRABUT a écrit qu'il peut être obtenu par le croisement du Mandarinier, *Citrus nobilis* Lour., avec le Bigaradier, *Citrus bigaradia* Risso.

L'on est donc autorisé à penser que, dans les contrées où croissent spontanément les Bigaradiers à fruits amers et les Mandariniers, il a pu se produire des croisements naturels entre ces deux espèces, ce qui expliquerait la diversité que l'on rencontre dans les pays d'origine entre les différents sujets d'Orangers, quant à la forme des fruits, à leur degré d'acidité et à leur coloris.

Ces différences, vraisemblablement dues à l'origine hybride du *Citrus aurantium* L. (Oranger), expliqueraient les difficultés qu'ont éprouvées les botanistes pour établir une description des variétés cultivées. Les cas de carpoxénie et de mutation gemmaire reconnus chez les Citrus, et en particulier chez les Orangers, auraient cette même cause, l'hybridité de l'espèce.

Le Citronnier, *Citrus Japonica* Thunb., est originaire du Japon, d'où il a été introduit par FORTUNE, en 1848.

Le Cédratier, *Citrus medica* L., croît en Perse, où les Hébreux l'ont connu, avant les Romains, en raison de leurs fréquentes relations avec ce pays.

Les Grecs ont vu le Cédratier en Médie et en Perse au temps de Théophraste, trois siècles avant Jésus-Christ.

Ils donnaient à ce fruit le nom de Pomme de Médie, qui est à l'origine du nom spécifique de cette espèce : *medica*.

Le Bergamotier, *Citrus Bergamia*, au dire de DE CANDOLLE, serait un Oranger à fruits plus petits que ceux de l'Oranger commun, plus aromatiques et acides.

Cette forme n'a pas été trouvée à l'état sauvage et paraît un produit de la culture.

Le Pamplemoussier n'a pas non plus d'origine connue.

Les nombreuses variétés que l'on trouve dans l'Archipel Indien

---

(1) *On the Study and value of Chinense botanical works;* 1870, *p.* 55.

paraissent être la descendance d'une même espèce type, *Citrus decumana* L., maintenant disparue.

Sous la dénomination botanique de *Citrus maxima* L., variété *macrocarpa*, certains auteurs donnent au Pamplemoussier le sud-est de la Chine comme patrie. D'autres indiquent son origine comme incertaine et considèrent le Pamplemoussier connu de nos jours comme un hybride de *Citrus decumana* L. et de *Citrus aurantium* L. (Oranger).

Les variétés de Pamplemousses — Pomélos des Américains — dont les fruits sont de formes et de grosseurs différentes, trouvèrent en Floride un milieu éminemment favorable à leur croissance.

Les plantations y ont été multipliées d'une façon tellement intensive dans toutes les localités de la presqu'île, que l'on pourrait conclure à l'indigénat de l'espèce et des variétés, ce qui n'est pas.

Le Citrus à trois folioles, *Citrus trifoliata* L., syn. *C. triptera* Desf., *Poncirus trifoliata* Roff., est originaire de la Chine et du Japon.

Historique de l'introduction et de l'acclimatation des Aurantiacées dans le Nord de l'Afrique

Les introductions successives qui ont permis l'acclimatement des Aurantiacées dans le Nord de l'Afrique ont été faites à des époques qu'il est souvent difficile de préciser.

Néanmoins, les recherches faites par M. le Docteur Trabut lui ont permis d'écrire que ce sont les Arabes qui ont propagé l'Orange dans le bassin méditerranéen.

Ils dénommèrent l'orange « Tchina » et l'Oranger « Bordigane » (Portugal); car ce serait au XV^e^ siècle que l'Oranger aurait été introduit de Chine en Algérie par des navigateurs portugais et génois.

Gallesio indique que les Orangers ont été introduits de l'Inde en Egypte par les Arabes et ensuite sur la côte orientale; mais, ajoute cet auteur, ce n'était pas l'Oranger à fruits doux, mais le Bigaradier, dénommé Oranger à fruits amers.

C'est en 1850 que le Jardin d'Essai du Hamma, près d'Alger, introduisit le Mandarinier, qui n'était jusqu'à cette époque cultivé qu'en Italie et comme une curiosité botanique.

En 1855, relate le Docteur Trabut, le Préfet d'Alger, M. Latour-Mezerey, qui était un propagateur des produits algériens, demandait à M. Hardy, Jardinier en Chef du Jardin d'Essai du Hamma, de lui faire parvenir trente-cinq mandarines, alors considérées comme une rareté.

Ce fut à partir de 1861 que les orangeries algériennes commencèrent de se peupler de Mandariniers, qui fournissent aujourd'hui un important produit à l'exportation.

Les Cédratiers, les Citronniers ont été introduits dans les pays qui bordent la Méditerranée au sud, à la fin de la période romaine; plus tard, les Arabes importèrent le Bigaradier aux fleurs odorantes.

En Tunisie, les premières plantations d'Orangers datent de 1865. Elles furent faites par de riches indigènes qui reçurent les jeunes arbres d'Italie, de Sicile particulièrement.

A cette époque, plusieurs jardiniers italiens vinrent en Tunisie, demandés par les propriétaires introducteurs, pour les aider à la création de leurs orangeries.

Plusieurs de ces ouvriers se sont fixés dans la Régence et y ont fait souche.

Les espèces qui constituaient ces plantations étaient, en plus grand nombre : Orangers, Citronniers, Cédratiers et, plus rarement, Mandariniers.

Les variétés étaient représentées par l'Orange dite « maltaise » et « maltaise sanguine », nom qui rappelle leur origine; l'Orange meski, à fruits doux; le Citron acide (Limon); le Citron doux (Limette); le Cédrat à gros fruits.

La Station Botanique du Gouvernement d'Algérie, à Maison-Carrée, près d'Alger, a introduit et a cherché à vulgariser un nombre important de variétés d'Aurantiacées d'origine américaine, dont il sera parlé dans un autre chapitre de cette étude.

Les conditions de milieu nécessaires à la végétation des Aurantiacées

Plus encore que pour la plupart des végétaux ligneux cultivés, les conditions du milieu, aérien comme souterrain, sont importantes à envisager lorsqu'il s'agit de procéder à la plantation d'une orangerie.

Il est, en effet, peu d'espèces qui réagissent aussi visiblement que les Aurantiacées aux conditions du milieu, et souvent en un temps très court.

Certaines conditions, favorables à la croissance des arbres, sont faciles à obtenir par le cultivateur à l'aide d'abris végétaux contre le vent; d'engrais, d'irrigations, de travaux du sol qui modifient le milieu souterrain.

Quant à celles qui ont trait à la température, elles ne peuvent pas être si facilement obtenues, même au moyen d'artifices, et le planteur est mis dans l'obligation de choisir une localité à température moyenne sans excès ni en maxima, ni en minima, et à degré hygrométrique élevé.

Dans le Nord de l'Afrique, c'est donc la zone littoralienne qui est à préférer pour la culture de l'Oranger et autres Aurantiacées. La température ne devra pas s'abaisser en hiver au-dessous de + 4° à + 5° centigrades et la moyenne osciller entre 13 et 16°.

Le terrain doit être de préférence silico-argileux, à défaut argilo-siliceux ou argilo-calcaire, mais à l'exclusion d'une composition exclusivement argileuse.

Dans un sol trop argileux, l'Oranger, comme le Mandarinier, végète mal, chlorose en hiver, à cause de l'humidité du terrain et

du refroidissement de ce dernier par les pluies de l'automne et de l'hiver, saisons pendant lesquelles ces espèces croissent et mûrissent leurs fruits. Ceux-ci, alors de maturité plus tardive, sont aqueux et conservent, même mûrs, un degré d'acidité qui permet de les différencier facilement d'autres fruits de la même variété provenant d'arbres plantés dans un sol siliceux, partant moins froid et moins humide en hiver.

Le Cédratier et le Bergamotier réclament une température hivernale plus élevée que l'Oranger et le Mandarinier.

Ces deux dernières espèces, greffées dans le Nord de l'Afrique sur *Citrus trifoliata*, supportent mieux les abaissements de température que si elles ont été greffées sur *Bigaradier*.

Ce fait n'a pourtant pas été reconnu pour les variétés d'Orangers que l'on a tenté d'acclimater en Europe en greffant sur cette espèce de Citrus.

D'après le Docteur TRABUT, en Algérie, les Orangers greffés sur *Citrus trifoliata* donnent des fruits de dimensions normales, qui correspondent à la variété, sont plus précoces, plus sucrés, et les arbres se mettent plus rapidement à fruits.

Les caractéristiques de la culture dans le Nord de l'Afrique en comparaison avec d'autres pays producteurs

Semis. — Dans le Nord de l'Afrique, c'est, de préférence à toutes autres espèces, le Bigaradier qui est utilisé comme porte-greffe.

Cet arbre est produit par le semis fait en pépinière.

Voici comment nous opérons. En mars ou avril, sur un terrain finement labouré et fumé au terreau, l'on trace des sillons d'environ cinq centimètres de profondeur, espacés entre eux de trente centimètres.

Dans ces sillons, l'on dépose les quartiers de Bigarades, en laissant un espace de trois centimètres entre eux.

Ce procédé supprime le travail de nettoyage et de séchage des grains; la germination est ainsi favorisée par l'eau contenue dans les loges du fruit.

A la levée, les plants se trouvent groupés par petites touffes régulièrement distancées.

La mise en pépinière du plant est faite l'année suivante à la même époque que celle du semis, à 60 centimètres sur les lignes, 1 mètre entre les lignes.

C'est seulement un an après, en juin, que les plants les plus développés, ayant alors plus de deux années de végétation, peuvent être greffés.

En Floride, où la culture des Aurantiacées a été très développée, on sème les graines directement en sillons distants de soixante centimètres.

Cette grande distance entre les rangs favorise la végétation des

jeunes semis, qui atteignent dès la première année 35 à 40 centimètres de hauteur. Les plus développés peuvent être greffés l'année suivante, quelques semaines après la mise en pépinière, qui est faite à une distance de 60 centimètres sur les lignes, 1m20 entre ces dernières.

Greffage. — Ce mode de propagation des Aurantiacées a été l'objet de différentes recherches dans le principal but d'obtenir un pourcentage de reprise important et aussi de permettre de greffer à différents stades de la végétation du sujet comme de celle du greffon.

Ces recherches n'ont pas donné de résultats intéressants et, pratiquement, à l'étranger comme dans le Nord de l'Afrique, l'on greffe en écusson sur Bigaradiers jeunes, ou en couronne pour la reconstitution d'arbres adultes.

Les greffes dites : sous écorce, en fente de côte, de côté en placage peuvent être utilisées aussi avec succès. Elles sont moins faciles à exécuter par l'opérateur, pas toujours assez habile, ni suffisamment entraîné pour réussir ces modes de greffage.

L'une des principales préoccupations des citriculteurs fut aussi la recherche des sujets (porte-greffes) à préférer pour les variétés d'Aurantiacées cultivées.

En outre du Bigaradier, reconnu intéressant en raison de sa résistance à la gommose, l'on a préconisé le *Citrus Rough Lemon* qui, en Floride et au Cap, est considéré comme un bon porte-greffe et au sujet duquel le Docteur Trabut écrit : « Sur ce sujet, les Orangers « prennent un bien plus beau développement que sur le Bigaradier.

« L'influence du Rough Lemon n'est bien sensible que la première « année de fructification; les oranges sont plus grosses, les pousses « plus épaisses, mais cette influence va rapidement en diminuant, « et devient pratiquement nulle à la quatrième récolte.

« De très nombreuses observations faites en Floride ne laissent « aucun doute à ce sujet. »

L'Oranger doux est quelquefois utilisé par les indigènes comme sujet porte-greffe. Le Citronnier également.

L'une comme l'autre de ces deux espèces favorisent un développement rapide de la variété greffée dès les premières années de végétation, mais la fructification est plus tardive que sur Bigaradier, et l'écorce est facilement attaquée au collet par un chancre circulaire qui fait périr le sujet.

En une note intitulée « Un nouveau porte-greffe pour les Orangers » [1], le Docteur Trabut a préconisé le M'Gergeb des Marocains ou Lime Cédrat.

« Si l'on admet une origine hybride pour le M'Gergeb, il ne faut « pas attribuer ce Citrus à un croisement de Cédratier et d'Oran-

(1) *Revue Horticole d'Algérie*. Année 1912, p. 380.

« ger, mais plutôt à un croisement de Cédratier et de Lime douce.
« Le fait à retenir est la résistance de ce porte-greffe marocain à « la maladie du pied, tandis que le Cédrat type constitue un sujet « déplorable.
« Il n'est pas prudent d'utiliser le M'Gergeb dans les terres argi- « leuses, mais dans les terres légères et saines.
« Le grand intérêt que présente ce porte-greffe réside dans sa « faculté surprenante à s'enraciner par voie de bouturage et la rapi- « dité de mise à fruits des variétés greffées sur ce sujet. »

Le *Citrus triptera* Desf., originaire des régions froides et d'altitude de la Chine et du Japon, a été, il y a quelques années, préconisé comme porte-greffe.

Cette espèce pousse dans tous les terrains, même dans les sols de qualité médiocre; elle supporte l'humidité sans craindre la pourriture des racines.

Sa résistance au froid est assez grande pour en permettre la culture dans le Nord de la France.

M. Bernard, amateur distingué, s'est fait le vulgarisateur en France du *Citrus triptera* comme sujet porte-greffe [1].

Lors de l'introduction de ce Citrus en Europe, on avait pensé qu'en greffant sur le *C. triptera* les variétés d'Orangers à fruits comestibles, ces dernières pourraient être influencées par le porte-greffe et gagner, de ce fait, quelques degrés de rusticité.

L'expérience démontra que si toutes les variétés d'Orangers poussent avec vigueur sur *triptera*, l'influence de ce sujet au point de vue de la résistance au froid des variétés est nulle.

Les Orangers comme les Citronniers greffés sur ce sujet ont toujours péri au même degré que ceux greffés sur d'autres sujets, ou francs de pied.

Enfin, en Syrie, l'on greffe souvent sur boutures enracinées de Limettier. L'on reproche au Bigaradier de retarder la première fructification et de ne donner ensuite une récolte appréciable que tous les deux ans.

Epoque de greffage. — Dans les régions littoraliennes du Nord de l'Afrique, où les Aurantiacées sont cultivées, le greffage peut être pratiqué depuis mai jusqu'à la période des températures élevées, en juillet, soit sur des sujets déjà mis en place à distances définitives, soit en pépinière.

En Floride, où les conditions de milieu aérien (humidité de l'air, température élevée constante) sont assez différentes de celles des régions, même littoraliennes, du Nord de l'Afrique, l'on greffe en écusson à trois époques différentes : en avril (Spring graft); en juillet (Summer graft); en septembre et octobre (Dormant budding). A chacune de ces époques, l'écorce du sujet peut être facilement

(1) A. Bernard : « Du Citrus triptera comme porte-greffe » — *Revue Horticole* 1908, p. 140.

décollée. Un an après soudure, on sectionne la cime de la tige du sujet et, lorsque le greffon constitue un rameau d'environ 70 centimètres, en le taille de façon à provoquer de nouvelles branches.

C'est seulement l'année suivante que les jeunes arbres sont transplantés dans le verger. Quelquefois, l'on ne transplante qu'après deux ou trois ans de végétation dans la pépinière.

Plantation. — En raison même du caractère persistant du feuillage des Aurantiacées, la plantation en est faite « en motte », c'est-à-dire avec un cube de terre adhérente aux racines proportionné au développement du sujet transplanté.

Cette transplantation est effectuée lorsque le sol a atteint déjà une température assez élevée susceptible, à l'aide d'arrosages, de favoriser l'émission de jeunes racines. L'époque favorable dans le Nord de l'Afrique est de mars à juin.

Les distances à adopter entre les arbres sont subordonnées au développement de l'espèce. Pour les Citronniers, 10 mètres sur et entre les lignes; soit 100 arbres à l'hectare; pour les Orangers, 8 mètres sur les lignes, 10 entre les lignes, soit 120 arbres à l'hectare; pour les Mandariniers, 6 mètres sur les lignes, 8 entre les lignes, soit 150 arbres à l'hectare.

Les bandes de terrain peuvent, au cours des premières années qui suivent celle de la plantation, être utilisées en y faisant des cultures intercalaires de plantes légumières annuelles.

En Floride, on plante les Orangers à 7 mètres sur et entre les lignes et jusqu'à 9 mètres en tous sens dans les terrains pauvres.

La période de plantation s'étend de décembre à février et de juin à juillet, qui correspond à celle des pluies. Les sujets sont toujours effeuillés pour la plantation.

C'est pendant cette période des pluies que l'on sème entre les arbres des Cowpea, spécialement les variétés Bradhman et Iron, qui sont plus résistantes aux vers nématodes. L'enfouissement de cet engrais vert est fait en octobre et novembre et à bras d'homme.

En Californie, on plante la variété Washington Navel à 6^m60 sur 6^m60; la variété Valencia late et le Pamplemoussier à 7^m20 sur 7^m20; la Tangérine à 6 mètres sur 6 mètres, le Kumquat à 3^m60 sur 3^m60 et le Citronnier à 7^m80 entre les lignes et 6^m50 sur les lignes.

Comme Légumineuse améliorante à enfouir en vert, les Californiens utilisent le *Vicia sativa* et le *V. atropurpurea*. Cette dernière espèce est considérée comme supérieure à la première comme fixatrice d'azote.

Fumure. — A notre connaissance du moins, nous ne pensons pas que l'enfouissement de Légumineuses dans le but d'augmenter la teneur du sol en azote et en humus soit employé en Tunisie par les propriétaires d'orangeries.

Il est indispensable, pourtant, d'améliorer par des fumures orga-

niques comme par des fumures minérales les sols siliceux, généralement pauvres, où sont plantées les Aurantiacées.

Ces apports d'engrais sont indispensables pour favoriser la végétation d'arbres à développement important, dont le feuillage représente un nombre considérable d'organes d'assimilation et une importante surface d'évaporation.

En Algérie, l'on préconise l'apport d'engrais calcaire dans les orangeries anciennes fumées depuis longtemps et dont le sol a tendance à l'acidité.

Dans les terres, au contraire, pauvres en humus, les superphosphates et les engrais potassiques sont utilisés.

Le Docteur Trabut conseille pour les jeunes arbres, en vue de hâter leur développement, une énergique fumure annuelle, constituée par le mélange suivant : Superphosphate, 40 kgs. — Sulfate d'ammoniaque, 15 kgs. — Sulfate de Potasse, 10 kgs. — Tourteau de coton ou autres, 35 kgs., ou sang desséché, 15 kgs.

En Tunisie, les cultivateurs ont, pour la plupart, adopté comme fumures l'alternance suivante : une année, en avril, engrais organique; l'année suivante, à la même époque, engrais minéral; la troisième année, pas de fumure.

Le fumier est disposé en « couronne » afin d'être mieux à la portée des racines absorbantes de l'arbre. A cet effet, une tranchée de $0^{m}50$ de largeur et de profondeur est ouverte circulairement; on lui donne comme limite la projection verticale de la périphérie du feuillage au sol.

L'engrais minéral est épandu en surface dans les limites de la partie du sol recouverte par le feuillage, et enfoui ensuite à la sape ou à la charrue, selon l'élévation donnée au tronc des arbres lors de la taille de formation.

La dose moyenne d'engrais minéral pour un arbre de cinq ans est de : Nitrate de soude, $0^{k}500$. — Superphosphate, 1 k. — Sulfate de Potasse, $0^{k}350$.

Ces quantités sont augmentées successivement au fur et à mesure du développement de l'arbre et en tenant compte de son état de végétation. L'on estime l'augmentation nécessaire à chaque fumure minérale de 150 grammes pour chacun des engrais.

En Sicile, où la fumure est annuelle, on utilise pour des arbres de dix à quinze ans : Chlorure de Potassium, $0^{k}250$. — Superphosphate, $0^{k}250$. — Sulfate d'Ammoniaque, $0^{k}500$.

Le citriculteur floridien donne trois ou quatre fumures par an à ses arbres, jusqu'à la cinquième année. La première fumure au printemps, lors de l'accroissement des tiges et de la production des feuilles, deux autres en été et la dernière en septembre.

Celles de printemps et d'été sont constituées par 5 % d'azote; 6 % de phosphate; 3 % de potasse.

La première année, une à deux livres (453 g. à 907 g.) d'engrais mélangé, à chaque sujet. Les années suivantes, une livre de plus, jusqu'à l'âge de cinq ans.

Lorsque les agrumes entrent en rapport, la quantité d'azote est diminuée : 3 % d'azote au lieu de 5 %, et le phosphate ainsi que la potasse sont augmentés : respectivement, 7 à 8 % et 4 %.

Les arbres âgés de dix ans arrivent à recevoir 15 à 30 livres d'engrais, soit : 6k800 à 13k600.

Irrigation. — Pour l'irrigation des Aurantiacées, il faut tenir compte que les espèces qui composent cette famille sont à feuilles persistantes, dans les tissus desquelles la sève circule plus ou moins intensivement selon l'époque, mais d'une façon ininterrompue.

C'est au cours de l'été, par conséquent pendant la saison sèche, que la végétation est le plus active, d'où la nécessité de mettre à la disposition des arbres la quantité d'eau qui leur est nécessaire. Elle ne peut leur être fournie en quantité suffisante que par l'irrigation.

La teneur en chlorures de l'eau susceptible d'être utilisée doit être déterminée avant la plantation d'une orangerie.

Pour des jeunes sujets de semis dont les racines sont encore peu lignifiées et placées peu au-dessous de la surface du sol, les eaux qui contiennent 1 à 2 grammes d'extrait sec par litre ne peuvent pas être utilisées.

Dans une orangerie d'arbres déjà âgés à racines profondément enterrées, une eau accusant une teneur d'un gramme à un gramme et demi peut être utilisée, mais à la condition que le sous-sol soit suffisamment perméable.

Les apports d'eau s'étendent de mai à octobre, et même jusqu'en novembre, lorsque les pluies d'automne sont tardives.

Selon la nature du sol, douze à quinze irrigations sont nécessaires pendant cette période, et la quantité d'eau à prévoir par irrigation est de 300 à 500 mètres cubes par hectare, soit 5 à 6.000 mètres cubes par an.

La circulation de l'eau sur le terrain et sa répartition aux arbres sont pratiquées de différentes façons.

Dans les orangeries indigènes, dont les plantations sont serrées, le courant d'eau passe au pied même des arbres sur une largeur qui varie de cinquante centimètres à un mètre.

Ce mode d'irrigation ne met pas assez d'eau à la disposition des racines dans la partie où se trouve le chevelu. Il faut tenir compte, néanmoins, qu'en raison de la densité des plantations créées par les indigènes, le sol y est ombré et l'évaporation peu importante.

L'arrosage en cuvettes adopté par les Européens est préférable. La séguia (rigole) de circulation d'eau est constituée dans l'axe de l'interligne, et des séguias secondaires de moindres dimensions dirigent l'eau à chacune des cuvettes. Ces dernières ont comme surface les limites de la partie du sol ombré par le feuillage.

Cette disposition pour l'irrigation dite « en épis », aussi « en arête de poisson », permet une utilisation rationnelle de l'eau en donnant à chaque arbre la quantité de liquide qui lui est nécessaire et sur une

étendue qui permet aux racines absorbantes d'en bénéficier largement.

En Algérie, où les cultivateurs de certaines régions disposent, grâce aux barrages-réservoirs, de grandes quantités d'eau, l'on utilise cette dernière en la faisant passer par des canaux disposés parallèlement, dans les interlignes. Cette irrigation uniforme de tout le sol demande, dit M. le Docteur Trabut, pour être effectuée à une profondeur suffisante, de 600 à 800 mètres cubes d'eau par hectare et par arrosage.

En Californie, ce sont de véritables courants d'eau que l'on fait passer entre et sous les Orangers.

A Riverside, on fait huit irrigations de 500 mètres cubes, soit un emploi de 4.000 mètres cubes (Dr Trabut).

Ce procédé d'irrigation, qui consiste à faire circuler l'eau sur toute la surface de la plantation, oblige, disent les Américains, les racines à s'étendre loin de l'arbre et à descendre aussi bas que le permet la nature du sol.

Certains propriétaires américains pratiquent l'irrigation par sillons. Ils tracent à la charrue et entre les lignes d'arbres quatre ou cinq sillons dans lesquels ils font circuler l'eau. D'autres ont adopté notre arrosage nord-africain, en cuvettes, la base du tronc étant alors butée afin d'éviter la maladie du collet, « la gommose ».

On a beaucoup discuté de l'effet de l'irrigation sur la qualité des fruits et l'on entend souvent dire que les fruits d'arbres peu irrigués sont plus savoureux que ceux provenant d'arbres plus irrigués.

A cette question, M. le Docteur Trabut répond : « Ceci est vrai pour tous les fruits, surtout si l'on compare ces derniers avec ceux qui proviennent de cultures noyées ». En limitant cette constatation aux Aurantiacées, il est indéniable que l'excès d'eau fait produire aux arbres des fruits plus aqueux et de moins bonne conservation.

Cet excès à certains stades de la végétation, particulièrement après la nouaison, provoque la chute des fruits.

C'est donc au cultivateur à régler ses irrigations selon la quantité d'eau dont il dispose; en tenant compte de la nature plus ou moins perméable du sol et du sous-sol; de l'âge des arbres, la quantité de ces derniers devant être subordonnée au cube d'eau nécessaire à leur entretien.

Taille. — Pour toutes les Aurantiacées, il faut considérer deux tailles : 1° la taille de formation; 2° la taille des arbres adultes, dite « taille de fructification ».

Dans ces mêmes « Annales » [1], nous avons indiqué déjà combien il nous paraît indispensable pour tailler un arbre fruitier rationnellement d'en connaître les caractéristiques de végétation, de florai-

(1) L. Guillochon : « Les caractéristiques de végétation des arbres fruitiers et les tailles d'hiver et d'été qui en sont la conséquence » (*Annales du Service Botanique* no 1 1920-1921).

son et de fructification. Les Aurantiacées ne font pas exception à cette règle.

Si l'on observe la végétation d'un Oranger issu de semis, d'un Bigaradier ou de toute autre espèce d'Agrume, l'on remarque dès le jeune âge la formation d'une tige principale érigée, garnie depuis la base de branches d'abord grêles, dont certaines gagneront vite en diamètre pour devenir, avec le temps, de véritables branches charpentières.

Ce sont ces dernières qui, dans l'avenir, porteront des branches de moindre dimension tant en longueur qu'en diamètre sur lesquelles les fleurs prendront naissance et les fruits se développeront.

Les Aurantiacées sont donc des arbres dits à « port buissonnant », et c'est sous cette forme qu'elles ont été rencontrées croissant à l'état sauvage.

Pour les besoins de la culture, dans le but de hâter leur fructification et pour d'autres buts plus secondaires, tels que : l'aération du feuillage, la réduction de ce dernier en comparaison avec la masse radiculaire, les arbres fruitiers ont été soumis à la taille :

1° *La taille de formation.* — Cette taille a pour but de ne conserver sur une tige unique, qui deviendra le tronc, qu'un certain nombre de branches charpentières.

Pour l'élévation au-dessus du sol des premières branches, les cultivateurs sont partagés.

Certains, et ils sont les plus nombreux en Tunisie, préfèrent la forme basse, les premières branches étant prises à un mètre environ au-dessus du sol.

Cette formation a l'avantage de permettre de traiter plus facilement les arbres contre les maladies cryptogamiques et les insectes; la taille et la récolte sont aussi facilitées.

L'un des inconvénients, c'est l'impossibilité de passer la charrue ou la bineuse assez près des arbres et la nécessité de laisser au-dessous de ces derniers une large bande qu'il faut ensuite labourer à bras d'homme.

A cause de cet inconvénient, certains cultivateurs préfèrent la forme élevée, les premières branches étant prises à 1m50 et même 1m80 du sol. Ils estiment que le coût supplémentaire des traitements anticryptogamiques et insecticides, celui de la récolte avec une échelle, sont largement compensés par la possibilité d'approcher assez près des arbres pour les labours, et d'éviter ainsi un travail subséquent.

Tenant compte du prix actuel de la main-d'œuvre, l'on ne peut nier que cette raison ne doive être prise en considération.

A ce sujet, le Docteur TRABUT a écrit : « En Algérie, comme pour « tous les arbres fruitiers, un tronc peu allongé est préférable. A « 70-80 centimètres, on pourra commencer à conserver les ramifica- « tions pour constituer la charpente.

« Ces ramifications poussent très vigoureusement, plient sous le

« poids des jeunes feuilles et donnent à certains sujets un aspect « pleureur. »

En Tunisie, où certaines orangeries sont à forme basse, d'autres à forme plus élevée, nous avons demandé aux propriétaires les rendements qu'ils obtiennent. Ces rendements étant égaux ou presque; cette considération ne paraît militer en faveur ni de l'une ni de l'autre des deux tailles adoptées;

2° *La taille de fructification.* — Pour l'Oranger, comme pour ses congénères, les branches à fruits se déterminent sans ordre apparent sur les branches charpentières secondaires.

Tous les deux ans, il y a lieu de supprimer celles, âgées, dont la végétation est devenue insuffisante, ce qui les a rendues improductives.

Cette opération est faite en mars et avril. Elle consiste, en outre, à supprimer les rameaux tordus, secs ou débiles, ceux qui sont mal dirigés et qui, par leur développement, étouffent l'intérieur en favorisant la propagation des insectes (cochenilles), qui envahissent si volontiers les plantations.

Au cours de l'été, recommande le Docteur Trabut, l'on procède au pincement des jeunes pousses pour les maintenir dans une bonne direction, et pourtant sans que ces suppressions soient trop importantes.

Ces opérations de printemps et d'été ont pour principal but de faciliter la pénétration de l'air et de la lumière dans le branchage et aussi de favoriser la naissance de nouvelles branches à fruits destinées à remplacer celles devenues stériles.

Pour la taille de leurs Orangers, les Californiens ont adopté la forme basse, qui, à leurs yeux, a pour principal intérêt de faciliter la cueillette des fruits.

D'autre part, le sommet est peu éclairci pour empêcher la pénétration du soleil par le haut de l'arbre et éviter, par suite, le dessèchement des fruits et du sol.

Les fruits étant disposés à l'extrémité des branches, par conséquent à l'extérieur de l'arbre, et très éclairés, l'intérêt de ce mode de taille est surtout d'ombrer le sol et la charpente de l'arbre.

Les citriculteurs de Californie paraissent, d'ailleurs, redouter, beaucoup plus que ceux du Nord de l'Afrique, la lumière pour leurs arbres. Voici ce qu'écrit M. Malcor [1] à ce sujet : « Cette « forme basse, ce tronc extrêmement court, quelquefois entière- « ment dissimulé par le feuillage, sont très caractéristiques et, il « me semble, parfaitement logiques. L'arbre se défend du soleil et « en profite dans toutes les directions : le tronc se trouve à l'abri « de ses brûlures, qui ont détruit des millions d'arbres chez les

---

(1) *Les cultures fruitières en Californie et leur avenir dans l'Afrique du Nord.* » Malcor. — *Bulletin de la Direction Générale de l'Agriculture* (n° 68, mai-juin 1913).

« premiers planteurs de Californie et qui, si je suis bien informé, « en détruisent toujours des centaines en Algérie, où tant de colons « se plaignent de la courte existence de leurs vergers. Des troncs « allongés et unis, exposés tout l'été au soleil, sont tout préparés « pour les attaques des vers et des rongeurs de toute espèce, et « c'est là, dans la zone que nous envisageons, une cause primor- « diale de déchéance.

« C'est le climat, la température de l'été et l'intensité de la radia- « tion solaire qui doivent servir de critérium.

« Des arbres, comme le Mandarinier ou les Orangers, qui doivent « prospérer sur le littoral dans la région la plus arrosée, avec 0m50 « à 0m60 de tronc nu, ne peuvent supporter dans les mêmes condi- « tions l'été des plaines très chaudes de l'intérieur; la hauteur « libre du tronc y sera réduite à 0m40 ou 0m50, quelquefois à 0m15.

« Il semble bien que cette formation présente d'assez nombreux « avantages; le trajet de la sève pour arriver au fruit est plus « réduit, le sol reste continuellement à l'ombre au pied de l'arbre, « et, enfin, les opérations de récolte, de taille, de culture sont « grandement facilitées.

« Ce dernier point a une grande importance, en Californie, avec « la rareté de la main-d'œuvre. »

Les variétés cultivées — Les variétés à introduire

Au cours d'une communication présentée à la Société des Agriculteurs de Tunisie, le 20 avril 1927 [1], nous disions : « Quel que « soit l'emploi ultérieur de sa récolte, le cultivateur avisé sera « toujours bien inspiré de ne cultiver de chaque espèce qu'un « nombre limité de variétés, bien connues de lui au point de vue « de leurs caractéristiques de végétation et susceptibles de donner « des résultats constants dans la région envisagée. »

Interprété au point de vue commercial, ce conseil conserve toute sa valeur, et il peut, dans ce dernier ordre d'idées, être traduit ainsi : Ne jeter sur le marché que peu de variétés à la fois et, quelle que soit leur valeur intrinsèque, qu'elles plaisent au consommateur.

M. Lagueyrie, Conseiller français du Commerce extérieur à San-Francisco (Californie), disait, le 15 avril 1928, aux arboriculteurs du Maroc [2] : « L'Amérique exporte les variétés suivantes d'oran- « ges : Valencia, Washington Navel, Thompson Navel. C'est peu, « il y a certainement d'autres variétés, mais ces dernières sont « les « chevaux de bataille » de la Californie. C'est avec celles-là « qu'elle a conquis le marché mondial, par une réclame savamment

(1) L. Grimaldi : « La situation actuelle de la culture fruitière en Tunisie, son développement possible ». *Tunisie Agricole* (n° de juin 1927).

(2) Journée de l'Arbre fruitier, à Rabat.

« présentée et une large et active publicité, faite par des spécialis-
« tes pour préparer les marchés et les conquérir.
« Les planteurs ont su imposer un choix limité d'espèces à culti-
« ver, et créer des standards. C'est ce qui a fait la fortune commer-
« ciale de la Californie. »

Les variétés actuellement cultivées en Tunisie, dont les récoltes pourraient être exportées grâce à une réclame bien comprise, n'étant pas inférieures, il s'en faut, à certaines de provenance californienne, sont les suivantes :

Variétés communément cultivées

Orange maltaise. — Fruit ovoïde, à peau ferme, mais fine, pulpe juteuse, très parfumée, légèrement acidulée.

Orange maltaise sanguine. — Fruit de même forme que la précédente variété; peau fine colorée ainsi que les loges et la pulpe lorsque la maturité est déjà avancée, en janvier et février. Le fruit gagne en parfum par la pigmentation.

Orange meski. — Fruit coloré, à pulpe sucrée, manquant d'acidité, fade lorsque la maturité est avancée. Considéré comme un hybride de Limon doux.

Orange sans pépins. — Fruit généralement très gros, jaune clair, à pulpe souvent peu acide et peu colorée. Dans certains fruits, les pépins existent, mais en petit nombre et réduits à l'enveloppe sans amande à l'intérieur.

Orange Trabelsi. — Variété originaire de Tripoli-de-Barbarie. Fruit gros à peau épaisse. Très prisée par les indigènes de Tunisie.

Orange Jaffa. — Fruit souvent très gros, oblong à peau épaisse, pulpe fondante, souvent, peu ou pas de pépins. Cette variété se montre peu fructifère en Tunisie, où elle est moins cultivée que la variété *maltaise.*

Variétés d'Oranges algériennes (1)

Orange très précoce de Kabylie. — Fruit à peau jaune clair, souvent encore teinté de vert en novembre et pourtant déjà consommable.

Orange blanche de Blida. — Fruit à peau couleur citron, à pulpe fine, pâle, tardive. A le semis comme origine.

Les indigènes, dit M. le Docteur Trabut, voient dans cette variété un hybride avec Lime douce, et quelques-uns disent que cette orange aurait été rapportée par un pèlerin de retour de La Mecque.

---

(1) Les descriptions de ces variétés sont extraites de « L'Acclimatation en Algérie » — Docteur Trabut. — *Revue Horticole d'Algérie,* n° 7, année 1920.

Cette variété reste à sélectionner. Elle pourra produire alors des oranges grosses, très juteuses, parfumées, à peau épaisse ou à peau fine, dont la maturité s'échelonnera de janvier à avril, suivant l'altitude et la race issue de la sélection (Dr Trabut).

Orange peau fine, type Valence. — Fruit déprimé, à chair fine douce. Maturité décembre.

Orange de Toudja, dite d'*El-Milia.* — Très gros fruit, à peau très épaisse et à chair fine. Comme l'Orange de Jaffa, reste tardivement sur les arbres, jusqu'en mai et juin, certaines années.

Orange sanguine de Biskra. — Se distingue par son fruit à peau fine, très parfumé et généralement très apprécié des connaisseurs.

Mandarine ordinaire. — Fruit aplati aux pôles, à peau rougeâtre, fine et mince, pulpe juteuse douce, à parfum plus prononcé que celui de l'Orange.

Mandarine sanguine. — Le fruit est de même forme que la Mandarine ordinaire. La peau est plus colorée, la pulpe est rougeâtre, sucrée et parfumée.

Mandarine muscade. — Cette variété paraît pouvoir être rapportée à la variété *Dancy*, originaire de Floride.

Le fruit moyen, généralement petit, d'une belle couleur rouge foncé. La pulpe est colorée, juteuse, donc très parfumée.

Cette variété, qui est vendue communément sur les marchés tunisiens, est, dit le Docteur Trabut, sans valeur commerciale en Algérie, où on l'a confondue parfois avec la Clémentine et dont elle a retardé la propagation dans le département d'Alger.

La variété *Clémentine* (qui n'est pas une mandarine vraie) est issue d'un hybride naturel entre un Bigaradier var. *granito* à feuilles étroites et longues, d'origine espagnole, et un Mandarinier.

Les fruits, toujours nombreux, sont très décoratifs, d'un beau rouge. Peau fine se détachant facilement, pulpe colorée, juteuse, un peu douce, mais agréablement parfumée et légèrement musquée.

Maturité fin novembre-décembre, précédant d'une quinzaine de jours environ celle de la Mandarine.

Citron doux. — Fruit ovale ou globuleux — les deux formes se rencontrent sur le même arbre — terminé au sommet par un mamelon obtus. Peau ferme, jaune pâle; pulpe fade et un peu amère. — Dénommé communément Limon doux.

Citron acide. — Fruit oblong, rarement arrondi, mamelonné au sommet. Peau lisse, un peu rugueuse sur certains fruits, très mince et adhérente à la pulpe, qui est abondante et à suc acide et agréable. Utilisé pour relever le goût de certains mets.

Citron de Sicile. — Fruit oblong, moyen, jaune brillant, terminé par un mamelon court. Peau douce, parfumée; pulpe juteuse. Variété très fructifiante dite des « quatre saisons ».

Variétés introduites

Comme correspondant officiel pour le Nord de l'Afrique du Département of Agriculture of Washington (Etats-Unis), feu M. le Docteur TRABUT a introduit à la Station Botanique de Maison-Carrée, près d'Alger, la plupart des variétés d'Aurantiacées cultivées dans différents Etats de l'Amérique du Nord, et principalement en Californie.

Il a pu, ainsi, faire bénéficier l'Algérie d'un certain nombre de variétés parmi celles reconnues les plus intéressantes à propager.

Ce sont principalement celles du type « navel » [1], qui ont pris place dans plusieurs orangeries algériennes, et quelques tunisiennes.

Orange Washington navel ou *O. Bahia*, nom qui rappelle son habitat. Cette variété a comme origine une variation de bourgeon ou mutation gemmaire de la variété portugaise *Larenja selecta*.

Les fruits sont très gros, ils se caractérisent par une excroissance ombiliquée située au pôle (fruits fœtifères) et par l'absence de pépins.

Dans un avenir prochain, dit M. le Docteur TRABUT, cette variété remplacera, sur les marchés d'Europe, l'Orange d'Espagne.

Orange Thompson navel. — Mutation de la précédente variété; mais à peau plus fine et à maturité un peu plus précoce que la Washington navel. Elle devient en Californie l'Orange de Noël et du Jour-de-l'An.

Orange Golden Bakege navel. — Le fruit se caractérise par une série de bandes de coloration plus foncée. Peau fine, résistante; pulpe très juteuse, fondante et remarquablement parfumée. Variété recommandée par sa précocité et se prêtant bien aux exigences de l'expédition.

Orange navalencia navel. — Variété très fertile; de fine texture et très bonne.

Orange Nagget navel. — Fruit assez gros, lisse, à peau fine; pulpe juteuse, fondante, saveur délicieuse. Maturité tardive. Variété par conséquent intéressante pour les expéditions de fin de saison.

Orange surprise navel. — Fruit rond, souvent déprimé, nombril petit. Peau lisse adhérente; pulpe fine, juteuse. Pas de graines; qualité excellente [2].

***

Des fruits des variétés ci-après ont été vus par l'auteur de ces

---

(1) *Navel* est un mot anglais qui veut dire nombril. Les fruits de ce type présentent un apex ouvert, avec une petite orange incluse, formant hernie et simulant un nombril.

(2) Les descriptions qui précèdent sont empruntées à l'ouvrage de M. le Docteur TRABUT ; « L'Arboriculture fruitière en Algérie ».

lignes à la Station Botanique de Maison-Carrée, près d'Alger, en 1921 :

Mandarine King Siam ou *Roi de Siam.* — Variété originaire de Cochinchine, Fruits gros, à peau rugueuse, très épaisse, agréablement parfumée. Maturité tardive et seulement bonne à consommer quand le fruit a atteint sa complète maturité.

Mandarine Satsuma. — Forme améliorée de la variété Unschu. Le fruit a l'apparence de la Mandarine ordinaire, est à chair très colorée, même lorsque la peau est encore verte. N'a pas de graines. Est consommée en tranches additionnées de sucre et de rhum.

Mandarine de Canton. — Mêmes caractères principaux que la *Clémentine*, mais à fruits plus réguliers dans la forme, plus pleins. Même vigueur et même fertilité des arbres.

Bombay Mandarine. — Variété tardive d'origine hybride. Cultivée au Cap, d'où elle est exportée en Angleterre.

Le *Kumquat*, qui est vendu couramment sur les marchés d'Alger, est le fruit du *Citrus Japonica* [1]. Les fruits sont petits, de la grosseur d'une petite noix, ronds ou ovoïdes. Ils sont consommés avec la peau, qui est très douce et agréablement parfumée.

Le *Pomélo* est supposé hybride entre Pamplemousse *Citrus decumana* et Orange *Citrus aurantium.* Cet hybride serait originaire du Sud-Est de la Chine, où on le connaît sous le nom de *Citrus maxima*, var. *macrocarpa.*

Les variétés supposées issues de cette hybridation ne sont pas comestibles pour la plupart. Nous verrons leur utilisation dans le chapitre « Utilisation des fruits » de cette étude.

Variétés à introduire

Venant s'ajouter aux variétés déjà cultivées qui sont énumérées dans le chapitre précédent, l'on peut se demander s'il y a intérêt à en introduire de nouvelles.

Nous le pensons, mais en tenant compte que, pour ces introductions, il y aura lieu tout d'abord de connaître la valeur intrinsèque de leur produit dans le pays d'origine, et son emploi.

Une fois introduites, il faudra observer leur mode de végétation et reconnaître si ces variétés produisent des fruits qui auront les mêmes qualités gustatives et le même rendement que dans leur pays d'origine.

Dans ce genre d'introduction, il faut aussi se méfier de l'impor-

(1) En 1915, Walter Swingle a enlevé les Kumquat du genre Citrus pour en constituer le genre Fortunella, dédié à R. Fortune, qui introduisit la plante en Angleterre en 1846. (Note Brayard.)

tance, souvent momentanée, de la vente des fruits d'une espèce ou d'une variété d'Aurantiacée, parce qu'elle est la conséquence d'une mode ou parce que le produit ne s'adresse qu'à une catégorie spéciale de consommateurs, en nombre restreint.

C'est donc à des établissements spéciaux qu'il appartient d'introduire et d'étudier de nouvelles variétés pour en déterminer la valeur.

Les Pomélos rentrent dans cette catégorie de fruits dont la consommation nouvelle est importante en France, les Américains qui, en ce moment, s'y trouvent en grand nombre, en étant les principaux acheteurs.

Beaucoup de Français s'étant accoutumés à la consommation de ces fruits, la demande dépasse l'offre et l'on conseille aux cultivateurs du Nord de l'Afrique la culture de ces variétés de Pomélos.

Les variétés de Pomélos sont les suivantes [1] :

Marsh Seedles. — Semis de hasard trouvé et multiplié par M. Marsh, de Lakeland (Floride), vers 1895. Fruit moyen sphérique légèrement déprimé, peau lisse, mince, jaune clair; pulpe ambrée, parfumée, légèrement amère, ne renfermant que rarement des graines.

Les fruits se conservent très longtemps sur l'arbre. — Maturité février.

Duncan. — Trouvée dans une propriété de Green Springs (Floride) par M. Duncan. Multipliée et mise au commerce, vers 1892, par M. Reasoum, pépiniériste.

Fruit gros, sphérique, légèrement déprimé; peau épaisse, ferme, jaune clair, pulpe verdâtre très juteuse, douce avec, pourtant, une pointe d'amertume assez prononcée. Maturité tardive.

Variété vigoureuse et fertile, considérée comme étant la plus rustique de toutes.

Walters. — Distinguée près du village de Bellewiew (Floride), en 1887, par M. Walters, qui multiplia cette variété et la mit au commerce.

Fruit moyen, fortement déprimé, peau jaune pâle, pulpe juteuse à amertume très prononcée. Maturité moyenne. Arbre vigoureux et fertile. Cette variété a donné, par mutation, une forme à chair rose.

Foster. — Variété mise au commerce, en 1914, par M. Reaso. Elle est de maturité hâtive et peut être considérée comme une des meilleures variétés de ce groupe.

Mac Carthy syn. *Andran river Standard.* — Multipliée par M. Mac Carthy, de Eldred (Floride), qui la reçut de Rockledje, vers 1886.

Fruit gros ou très gros, sphérique, légèrement déprimé, jaune pâle, pulpe verdâtre, très juteuse, à amertume marquée, de très bonne qualité. Maturité janvier à avril.

---

(1) La description de la plupart des variétés est extraite de la *Feuille de Renseignements de la Direction Générale de l'Agriculture du Maroc.* — Brayard : « Les Pomélos ».

Variété vigoureuse et fertile dont les fruits sont solitaires au lieu d'être disposés en grappes, comme dans certaines variétés. A sa place marquée dans toutes les plantations commerciales.

Triumph. — Variété très précoce dont les fruits mûrissent en décembre et même en novembre. Ces derniers contiennent trop de graines et sont trop petits. Variété d'amateur.

David Seedless. — Variété à fruits sans graines. Cultivée dans certaines régions du Sud de la Floride. Bonne variété d'amateur.

Grape fruit. — Shaddock des Anglais. Comme son nom l'indique, les fruits sont disposés en grappes. Ils sont l'objet d'un important commerce de vente en Amérique même et en Angleterre depuis quelques années.

Parmi les variétés à fruits en grappes, il y a lieu de mentionner la suivante.

Hall. — Variété très fructifiante dont les fruits, jaune clair presque blanc, lui font donner le nom vernaculaire de *silver cluster*. Qualité de dessert très bonne.

Maturité en février et mars.

***

Les variétés de Kumquat sont issues du type *Citrus Japonica*, dont nous avons déjà parlé au cours du sous-chapitre précédent. M. Swingle éleva au rang d'espèces les variétés suivantes [1] :

Fortunella marguarita. — Kumquat nagami. Petit arbre ou arbuste de trois à quatre mètres, à port buissonnant, les jeunes rameaux souvent anguleux. Fleurs blanches odorantes, solitaires, très abondantes. Fruits petits ovoïdes, jaunes, à peau lisse peu épaisse, douce comestible; pulpe légèrement acide, renfermant de nombreuses graines. Maturité décembre à février.

Fortunella Japonica. — Kumquat maruni. Arbre de moindre développement que pour la précédente variété; il en diffère par ses rameaux souvent légèrement épineux, ses feuilles plus petites et légèrement arrondies au sommet et ses fruits sphériques. Maturité novembre à février.

Fortunella crassifolia. — Kumquat meiwa. Variété à fruits ronds, beaucoup plus gros que ceux de la précédente variété, à peau épaisse rouge foncé, à saveur douce très parfumée; pulpe un peu sèche. Est pourtant considérée comme la meilleure variété à consommer à l'état frais. Maturité novembre à mars.

Fortunella hindsu. — Kumquat de Hong-Kong. Fruit très petit, à peau fine; pulpe sèche renfermant un trop grand nombre de graines. Ne présente qu'un caractère ornemental.

---

(1) Brayard. — *Loc cit.*

***

Sous le titre « La culture des Agrumes aux Etats-Unis », (1) M. Upnor écrit que les fruits des variétés d'oranges cultivées en Floride ont un meilleur goût et contiennent moins d'eau que les mêmes variétés cultivées en Californie. Il estime d'ailleurs que c'est là l'une des causes du développement de la culture des Aurantiacées dans cette presqu'île.

Les principales variétés d'oranges cultivées en Floride sont les suivantes :

Orange Centennial. — Variété fertile originaire de la Floride à fruit moyen, rond, à peau lisse et colorée; pulpe fine, juteuse. Maturité précoce, en novembre.

Orange Parson Brown. — Variété précoce, qui tient une place importante sur les marchés. Fruits à saveur douce dont la consommation est possible la peau étant encore verte. Ces derniers sont de grosseur moyenne, plus ou moins oblongs, et sont considérés comme fruits de dessert.

Orange Pine apple. — Variété très supérieure, dont les fruits mûrissent depuis novembre jusqu'à février. Ils ont le goût d'Ananas, — ce qui justifie le nom de la variété, — sont oblongs ou sphériques, à peau épaisse mais de qualité supérieure.

La tardiveté de cette variété est un avantage au point de vue commercial, car, pour cette cause, elle est très demandée sur les marchés du Nord des Etats-Unis.

Orange Lue grin gong. — Cette variété est tardive également. Ses fruits ressemblent à ceux de Valencia late, mais ils ne peuvent rester sur l'arbre et, leur maturité n'étant pas successive, ils doivent être récoltés en une seule fois, d'où une dépréciation quelquefois sensible de leur prix de vente.

***

Dans le groupe des Mandarines à introduire, la variété hybride *Dancy* est intéressante en raison de la hâtive maturité de ses fruits, en décembre, et de son abondante fructification; mais elle est inférieure comme parfum à la Mandarine cultivée dans le Nord de l'Afrique.

Fruit moyen, d'une couleur rouge foncé et même rouge tomate; pulpe colorée, juteuse, douce, bien parfumée. Cette belle variété, originaire de la Floride, est la plus populaire des Mandarines dans le Nouveau-Monde (Trabut).

Mandarine Unschu. — A. Chevalier (2) lui donne comme origine une hybridation entre Mandarinier et Oranger.

---

(1) *Revue de Botanique appliquée.* Année 1926, p. 679.

(2) *Revue de Botanique appliquée.* Année 1928, p. 224. « La Mandarine Unschu ». A. Chevalier.

Fruits globuleux aplatis, à huit loges, pesant 60 à 70 grammes. Peau légèrement bossuée d'un jaune orange vif, n'ayant qu'une faible adhérence; pulpe à saveur légèrement acidulée, agréable.

Une particularité qui tend à démontrer que cette plante est hybride, c'est son absence de graines.

L'intérêt de l'*Unschu*, c'est son extraordinaire résistance au froid. L'arbre greffé sur *Citrus triptera* supporte —8° à —10° C.

Au Japon, l'Unschu est cultivé dans la région montagneuse, et les arbustes, qui sont bas, étalés, passent trois mois sous la neige. On les couvre, simplement, de bambous et de feuilles.

Récolte et utilisation des fruits pour la consommation, la confiserie, la distillerie, la parfumerie

Il ne nous paraît pas que, dans le Nord de l'Afrique, l'on apporte autant de soins qu'en Californie à la récolte des fruits d'Aurantiacées, et particulièrement des Oranges et des Mandarines.

Dans ce pays, la cueillette s'effectue avec les soins les plus méticuleux. Les fruits, *détachés au sécateur* (1), sont placés dans des paniers capitonnés de toile, pour être dirigés sur les magasins d'aération et de triage.

Là, ils sont disposés sur des claies pendant trois ou quatre jours pour perdre leur excédent d'eau et raffermir leur écorce. Ensuite, ils sont amenés à des trémies mues mécaniquement, qui classent les fruits en huit catégories.

Enfin, ces derniers sont soumis au brossage, à l'aide de brosses douces ou de cuirs, pour enlever les impuretés qui souillent les fruits ainsi que les carapaces de cochenilles qui peuvent encore y adhérer.

Ce brossage donne aux fruits un brillant qui flatte l'acheteur.

L'emballage est soumis à un type réglementaire — un pied de large sur deux de long et un de hauteur; soit 0m305 de large sur 0m610 de long et 0m305 de hauteur — divisé en deux parties, d'une contenance d'un pied cube, par une cloison médiane.

Les deux pans extrêmes et la cloison médiane sont en bois plein; les parois latérales sont à claire-voie.

Pour la récolte des Citrons, qui sont cueillis avec les mêmes soins que les Oranges et les Mandarines, l'on utilise en Californie un anneau qui mesure cinq centimètres et demi de diamètre en été et qui est d'un diamètre un peu plus important pour les récoltes d'hiver et de printemps, où les fruits, plus aqueux, ont un peu plus de diamètre. Tous les fruits qui ne passent pas par cet anneau sont cueillis.

L'on fait alors subir aux Citrons la « Chambre de transpiration »

---

(1) Souligné par l'auteur de cette note.

Sweat room, où l'atmosphère est saturée d'humidité. La température, qui est portée à 30° C., est obtenue par des poêles brûlant du kerosène.

A partir du cinquième jour, les fruits commencent de jaunir et, après ressuiement, peuvent être emballés et expédiés.

Au contraire, pour les fruits récoltés au début de l'hiver (fruits tardifs) et au printemps (fruits hâtifs), la coloration jaunâtre obtenue en chambre chaude est retardée.

Lorsque les citrons sont atteints de la pourriture brune, « Brown Rot », on les désinfecte à l'aide d'une solution cuprique; 450 grammes de Sulfate de cuivre dans 3.700 litres d'eau.

Les fruits sont répartis en trois groupes suivant leur couleur : verts, argentés, mûrs. Les « argentés » sont ceux qui commencent à perdre leur couleur verte (1).

Utilisation des fruits

1° *Pour la consommation.* — En outre de la consommation dès après la récolte, l'on peut conserver des Oranges, des Mandarines, des Citrons, aux fins d'une utilisation au cours de l'été suivant.

Nous avons obtenu de bons résultats en opérant comme suit :

Conserver à l'abri du vent et de la pluie du sable de plage très fin, bien desséché au soleil.

Les fruits de la fin de la récolte, en mars-avril (et un jour après la récolte, afin d'être bien ressuyés), sont disposés dans une caisse à parois pleines, en couches alternantes de fruits et de sable.

Avoir soin que les fruits ne se touchent pas et qu'ils soient, isolément, tous bien enrobés de sable.

A partir de juin, les Oranges, Mandarines, Citrons sont prélevés au fur et à mesure du besoin et peuvent être utilisés pour la fabrication de boissons rafraîchissantes.

Les Pomélos américains (dont une culture existe en Tunisie), qui font aujourd'hui l'objet d'un commerce qui se chiffre déjà par plusieurs millions, ne sont jamais mangés comme les Oranges, car la pulpe, très juteuse, parfumée, est légèrement amère et manque de sucre.

Les Américains mangent les Pomélos glacés et avec une grande quantité de sucre; il préfèrent généralement les variétés de Californie et de Floride, un peu amères, aux variétés douces de Cuba.

Cette consommation a lieu au premier déjeuner. Les fruits sont coupés en fragments et recouverts de beaucoup de sucre. Ce « déjeu-

---

(1) Ces renseignements qui ont trait à la récolte et à la préparation pour la vente des citrons sont extraits d'une étude de M. Uphof intitulée « La culture des Agrumes aux Etats-Unis », parue dans la *Revue de Botanique appliquée*, année 1926, pages 679 et suivantes.

ner du matin » est recommandé par les médecins américains comme ayant des propriétés toniques et apéritives que l'on attribue à l'amertume des Pomélos. Cette amertume devient agréable lorsqu'elle est combinée à une certaine acidité et à un degré de douceur bien proportionnée. (Dr Trabut.)

2° *Pour la confiserie.* — Les quartiers (loges) des Oranges sont utilisés par la confiserie. Après ébouillantage, ils sont glacés au sucre et servent à parer les pièces montées.

Une utilisation qui a pris un caractère industriel est celle du Cédrat.

Le gros Cédrat, dit « Cédrat de Corse », est l'objet dans ce pays d'une importante culture, justifiée par l'exportation de ce fruit en Angleterre.

M. le Docteur Trabut indique comme tonnage d'exportation de Corse en Angleterre 30.000 quintaux, et ce tonnage aurait encore augmenté depuis 1926.

Le Cédrat est exporté fermenté. Ce traitement tout à fait spécial a pour but de faciliter et de rendre plus satisfaisante leur confiserie.

Sur les quais du port de Bastia, des ouvriers dits « saleurs », assis sur des petits bancs, prennent les cédrats un à un et les nettoient.

Les fruits sont ensuite tassés dans des tonneaux de bois d'une contenance de 250 litres environ, que l'on remplit d'eau de mer prélevée à l'aide d'une pompe à bras. L'on referme chaque récipient d'une grosse dalle.

Les tonneaux sont abandonnés pendant quinze jours. Après ce laps de temps, le liquide est soutiré et on le remplace par de la nouvelle eau de mer.

Au quarantième jour, la fermentation est jugée suffisante; les Cédrats étant alors devenus tendres à la pression des doigts, spongieux et hyalins, les ouvriers ajoutent 15 à 20 kilogrammes de sel gemme par 200 litres d'eau de mer, pour assurer la conservation du produit.

Les tonneaux sont alors fermés hermétiquement au moyen d'étoupe et de plaques métalliques. C'est dans cet état que les Cédrats sont expédiés aux confiseurs anglais.

Le confiseur fait subir aux fruits les opérations suivantes :

Le *dessalage*, qui est effectué dans de grands baquets, les Cédrats étant recouverts d'eau pendant quarante-huit heures.

Le *blanchiment*, qui a pour but d'attendrir les Cédrats et qui consiste à faire cuire les fruits sous l'action de la vapeur d'eau.

Au sortir des poêles de cuisson, les Cédrats sont rangés dans des coffres en tôle munis, à leur partie inférieure, de robinets de soutirage. Les fruits sont alors arrosés et recouverts d'un premier sirop marquant 28° Baumé où on les laisse tremper pendant vingt-quatre heures. A chaque période de vingt-quatre heures, on soutire

le sirop et on le remplace par un autre marquant 2° Baumé de plus, jusqu'à ce qu'on ait employé un sirop marquant 34° Baumé.

Le *reverdissement* est réalisé lors de l'immersion des fruits dans le premier sirop, celui-ci étant coloré par addition de vert lumière.

Le *glaçage*, qui a pour but de donner aux cédrats un aspect plus flatteur, est effectué en trempant les fruits dans un bain de sucre bouillant d'où on les retire presque aussitôt, et on les fait sécher (1).

3° *Par la distillerie.* — La distillerie utilise particulièrement le zeste des Bigarades (oranges amères) pour la fabrication du Curaçao. Ce débouché est assez important en Tunisie, et, certaines années, la demande dépasse l'offre. En voici la cause.

Lorsque la fleur du Bigaradier pour la parfumerie atteint un prix élevé, cette dernière est cueillie en presque totalité, d'où une diminution sensible de la fructification.

D'autres années, au contraire, les cours étant bas, un grand nombre de fleurs sont laissées sur les arbres et la fructification est accrue d'autant.

L'Orange, la Mandarine, le Citron sont utilisés par la distillerie pour la confection de sirops dénommés : orangeades, mandarinades, citronnades.

4° *Par la parfumerie.* — L'utilisation principale par la parfumerie est celle du Bigaradier, dont les feuilles, les ramilles, les fleurs sont distillées.

La distillation exclusive des fleurs du Bigaradier, et de préférence celle des fleurs de la variété Bouquetier de Nice, constitue le *Néroli vrai.*

Celle exclusive des feuilles, des ramilles, voire des jeunes fruits au début de leur formation, donne le *Petit grain.* Cette même utilisation avec le Citronnier donne le *Petit grain citronnier.*

Le *Néroli Portugal* est le résultat de la distillation exclusive des fleurs de l'Oranger à fruits doux.

Certaines essences sont fournies par expression des fruits.

L'Orange douce donne l'essence de Portugal; le Limon, l'essence de Citron; la Limette, l'essence de Limette; la Bigarade, l'essence d'Oranges amères.

Les fruits du Bergamotier, dont on a préconisé il y a quelques années la culture en Tunisie, produit l'essence de Bergamote. Cette essence est une des parties constituantes de l'eau de Cologne.

Les variétés utilisées sont : Mellarose et de Naples.

Le produit obtenu avec la première de ces deux variétés a pris le nom commercial d'essence de Mellarose.

Le Bergamotier exige une température moyenne régulière et élevée; aussi, en Italie, le rendement en essence est-il inégal, parce qu'il se

---

(1) Ces notes sur la préparation des Cédrats sont extraites du travail de Mlle CHANDEFOUX, docteur en pharmacie. — *Bulletin de la Pharmacie du Sud-Est.*

trouve sous la dépendance des agents atmosphériques et, particulièrement, de la sécheresse, dont cet arbre souffre visiblement.

Il faut attendre trois et quatre ans pour avoir un rendement de 50 fruits par arbre en moyenne.

A la densité de 400 arbres par hectare, on obtiendrait ainsi, assez rapidement, vers la sixième ou la septième année, 40.000 fruits, dont le rendement en essence pourait être de 55 grammes pour cent fruits; soit 22 kilogrammes pour les 400 arbres considérés.

L'essence est obtenue par expression des zestes frais et au moyen de l'écuelle ou de machines qui déchirent le portion extérieure des écorces où sont localisées les poches à essence.

Les résidus sont ensuite distillés à la vapeur d'eau; on en extrait ainsi une essence de qualité inférieure, qui sert à falsifier l'essence obtenue par expression.

Le prix de l'essence était en juillet 1927 de 345 francs le kilogramme. Le rendement brut d'une plantation d'un hectare serait voisin de 7.590 francs au minimum.

L'Italie a comme principaux centres de production de l'essence de Bergamote : Reggio, Melito, Catane, Santa-Catharina. Les exportations italiennes de cette essence peuvent être évaluées à 80.000 kgs par an, sur lesquels la France reçoit 25.000 kgs (1).

Les Oranges sont utilisées pour différentes préparations telles que : Confits d'écorces d'oranges — Marmelade d'Oranges douces — Marmelade d'oranges acides — Gelées d'oranges — Pâtes d'Oranges.

Ce sont là emplois culinaires qui n'influent pas sur la production.

Nombre d'arbres en culture
Production, Commerce local et Commerce d'exportation des fruits d'Aurantiacées

La dernière statistique parue de la Direction Générale de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation de Tunisie accuse, en 1927, 68.000 pieds d'Orangers pour une production de 11.000 quintaux; soit, environ, 16 kgs 175 par pied.

52.500 Citronniers pour une production de 8.500 quintaux, soit, environ, 16 kgs 200 par pied.

Cette statistique ne donne pas le nombre de pieds de Mandariniers plantés, ni leur production.

L'Algérie accusait, en 1914 (2), 900.000 Orangers et 600.000 Mandariniers, couvrant ensemble une superficie de 3.000 hectares.

Depuis cette date, ajoute l'auteur, les surfaces consacrées aux orangeries ont presque doublé, de sorte qu'on peut évaluer actuelle-

---

(1) Ces renseignements sont extraits de l' « Essence de Bergamote » — CHALOT — *Agronomie Coloniale*, n 121 — Année 1928.

(2) « Les fruits et primeurs d'Algérie ». Brochure officielle éditée en 1922.

ment entre 5.000 et 6.000 hectares la surface plantée en Orangers et en Mandariniers. M MATHIEU, Président du Comité Nord-Africain des fruits et primeurs, donne en 1929 pour les Orangers 4.164 hectares et pour les Mandariniers 3.292 hectares.

Par contre, le Citronnier ne jouit pas d'une grande faveur en Algérie; on constate plutôt une régression dans les surfaces occupées par cette essence, qui représentent à peine le 1/10e de la surface totale des plantations d'Orangers et de Mandariniers.

Cette défaveur serait due à ce que les Citrons d'Algérie ne donnent lieu qu'à un commerce d'exportation très restreint, qu'ils doivent être absorbés par la consommation locale et qu'ils sont vendus à des prix très bas, les années de grosse production.

Le Docteur TRABUT estime à 50.000 hectares l'étendue des terrains susceptibles d'être plantés d'Orangers en Algérie et en Tunisie.

Commerce local. — La vente locale se limite, en Tunisie, à la présentation sur les marchés : d'oranges, de mandarines, de citrons et, très exceptionnellement, de cédrats.

Le marché de Tunis (fondouk El-Galla) reçoit ces fruits des cultures du Bardo, de La Manouba, de L'Ariana, de La Sokra, et aussi des orangeries du Cap-Bon.

Grâce à l'obligeance de M. Barthez, Sous-Directeur du Marché Central, en l'absence de M. Ours, Directeur, en congé, nous pouvons donner ci-après l'importance, en nombre de fruits, des apports d'agrumes au marché de Tunis, d'octobre 1928 à juin 1929 :

	Mandarines	*Oranges*	*Citrons*
	—	—	—
1928 Octobre	806	97.464	728.810
— Novembre	170.940	789.390	660.330
— Décembre	1.000.153	2.377.049	584.722
1929 Janvier	1.219.943	3.253.047	474.083
— Février	843.304	2.835.560	532.420
— Mars	548.204	2.780.359	399.497
— Avril	215.490	2.824.500	420.630
— Mai (1)	15.810	1.136.987	568.044
— Juin	»	94.209	611.289
	4.014.650	16.188.565	4.979.825

Total..... 25.183.040 fruits

A ces apports, il y a lieu d'ajouter ceux qui sont faits aux marchés des autres grandes villes de la Régence : Bizerte, Sousse, Sfax,

(1) En mai et juin, Tunis n'est plus approvisionnée que de Citrons en provenance italienne.

ainsi que les ventes, impossibles à évaluer parce qu'aucune réglementation ne les contrôle, faites dans les magasins de détail et dans les fondouks des villages indigènes.

Commerce d'exportation. — La statistique de la Direction Générale de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation, de 1927, présente en bloc les exportations et les importations d'agrumes.

Exportation en France pour : Cédrats, Citrons, Mandarines, Oranges : 35.267 kgs pour une valeur de 115.111 fr.; soit un prix moyen de 3 fr. 50 le kilogramme.

Exportation en Algérie pour : Citrons, Oranges et leurs variétés : 15.012 kgs pour une valeur de 52.542 fr.; soit un prix moyen de 3 fr. 50 le kilogramme.

Importation d'Algérie pour : Citrons, Oranges et leurs variétés : 2.134 kgs pour une valeur de 2.561 fr.; soit un prix moyen de 1 fr. 20 le kilogramme.

En 1921, le Docteur Trabut écrivait : « L'Algérie produit 25.000 quintaux d'Oranges et en exporte 23.000 quintaux.

La production (1) des Agrumes en Algérie est actuellement de :

Orangers :

	hect.	quint.		
Province d'Alger.....	1.939	187.528	soit	96,7 à l'H.
— d'Oran	1.216	62.606	—	51,4 —
— de Constantine.....	1.008	44.578	—	44,2 —
	4.163	294.712		

Mandariniers (y compris les Clémentines) :

	hect.	quint.		
Province d'Alger.....	1.950	177.054	soit	90,8 à l'H.
— d'Oran	514	34.054	—	66,2 —
— de Constantine.....	306	39.440	—	53,0 —
	2.770	250.548		

Citronniers, Cédratiers, etc... :

	hec	quint.		
Province d'Alger.....	257	14.314	soit	55,7 à l'H.
— d'Oran	110	9.719	—	88,2 —
— de Constantine.....	306	13.763	—	44,9 —
	673	37.796		

(1) *Bulletin de l'Office du Gouvernement de l'Algérie* (n° 11), novembre 1929.

Le tableau ci-après [1] permet de se rendre compte du mouvement d'exportation des agrumes en Algérie de 1900 à 1920 :

ANNÉE	ORANGES & CITRONS		MANDARINES		TOTAL	
	en France	à l'étranger	en France	à l'étranger	en France	à l'étranger
	quintaux	quintaux	quintaux	quintaux	quintaux	quintaux
1900.....	41.346	»	1.805	»	43.151	»
1905.....	39.013	17	29.928	7	68.941	24
1910.....	52.200	86	98.095	117	150.295	203
1915.....	24.673	310	80.056	141	104.729	451
1920.....	29.998	90	93.437	144	123.435	234

« Les exportations d'Oranges ont subi une diminution de près de « moitié en 1915, mais elles ont approché de 30.000 quintaux en 1920 « et elles ont augmenté de manière notable en 1921. Quant aux « exportations de Mandarines, elles se sont maintenues entre 80.000 « et 100.000 quintaux dans la période comprise entre 1910 et 1920. »

M. MATHIEU, Président du Comité Nord-Africain des fruits et primeurs, donne en 1929 les chiffres suivants (exportation d'Algérie sur la France et l'étranger) :

Oranges.....	1926.....	82.496 quintaux
	1927.....	50.134 —
	1928.....	57.784 —
Mandarines.....	1926.....	258.270 quintaux
	1927.....	125.014 —
	1928.....	174.095 —

Dans ces chiffres, sous la dénomination Mandarines, sont comprises les Clémentines, fruits très précoces, très doux, à peau fine, de la grosseur d'une mandarine.

Ces dernières années, les frais de transport, de lourds impôts, des taxes d'octroi élevées sont les raisons pour lesquelles la culture des Agrumes marque actuellement un temps d'arrêt en Algérie (MATHIEU).

***

La Californie exporta son premier wagon d'oranges en 1877. Dix ans après, cette même production, pour l'exportation, utilisait 40.000 wagons, et la Floride, à la même époque (1887), exportait 21.400.000 boîtes de fruits d'Agrumes.

---

(1) « Les fruits et primeurs d'Algérie ». — Brochure éditée en 1922.

TABLE DES MATIÈRES

Poges

Origine des espèces..... 1

Histoire de l'introduction est de l'acclimatation des Aurantiacées dans le Nord de l'Afrique..... 3

Les conditions de milieu nécessaires à la végétation des Aurantiacées. 4

Les caractéristiques de la culture dans le Nord de l'Afrique, en comparaison avec celles d'autres pays producteurs..... 5

Les variétés cultivées. — Les variétés à introduire..... 14

Utilisation des fruits pour la consommation; pour la confiserie, la distillerie, la parfumerie..... 22

Nombre d'arbres en culture. — Production. — Commerce local et commerce d'exploitation des fruits d'Aurantiacées..... 26

ALBERT PÉTIT

REMARQUES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LE BOUTURAGE

SOMMAIRE

L'étude du bouturage nous a permis de constater la formation de racines d'origine médullaire chez *Nerium oleander*, l'existence de nombreuses lenticelles sur l'écorce des boutures d'*Olea europea* et *Ceratonia siliqua* dont l'enracinement est lent. Malgré les différences anatomiques marquées des espèces examinées, la structure des bourrelets cicatriciels présente à leur début un aspect identique; il sont constitués par un tissu parenchymateux, entouré de liège, et produisant en des points divers des cellules vasculaires groupées en amas.

Le bois est indispensable à la vie de la bouture.

La naissance des organes aériens et souterrains est conforme morphologiquement à la théorie de la phyllorhize. L'enracinement d'une bouture consiste essentiellement dans le développement de nouvelles phyllorhizes aux dépens d'une partie intermédiaire. Ces phyllorhizes régénèrent une nouvelle colonie de plantules élémentaires.

Le succès du bouturage dépend de la masse de la bouture, d'une température optima. Certains moyens de forçage (éthérification) agissent plutôt sur le développement du feuillage. Les piqûres, les incisions, divers traitements sont inefficaces pour provoquer l'enracinement.

L'aptitude au bouturage est une propriété indépendante des caractères morphologiques.

L'étude anatomique et physiologique du bouturage des Végétaux n'a été entreprise que par un nombre restreint de chercheurs. La connaissance précise des causes favorisant la fixation du fragment végétal, la sortie et la croissance des racines, ont fait l'objet de mémoires dont nous citerons les faits essentiels.

En ce qui concerne la multiplication cellulaire, il convient de mentionner les travaux récents de GURWISCH, de CHOUNDEN BOSE. Ce dernier tend à admettre l'existence d'une sensibilité individuel-

le chez les Végétaux. Le fait que la division cellulaire paraît se déclancher sous l'effet d'une radiation ayant quelque analogie avec les U.-V. rangerait, si les faits observés par GURWISCH étaient généralisés et étendus, la division de la cellule parmi les phénomènes de physique biologique pouvant être déterminés par une cause extérieure, être sous l'effet d'une radiation. Or, le succès du bouturage dépend essentiellement de l'existence de proliférations cellulaires, en différents points du cambium de la tige, qui aboutissent à la formation de radicelles, de rhizes. On voit donc l'immense intérêt que présente l'action des radiations sur le végétal en organogénie expérimentale, tant au point de vue de la culture des fragments végétaux que de la culture des tissus.

Nos efforts n'ont pas été dispersés et nous nous sommes borné à observer quelques faits nouveaux à l'aide d'un matériel simple, et à contrôler certaines conclusions anciennes. Les renseignements mentionnés dans ce mémoire apportent des données précises relatives aux modifications des tissus au cours de la cicatrisation, des observations culturales. Enfin, nous pensons avoir noté quelques faits nouveaux se rapportant à l'origine médullaire des racines.

Les remarques rassemblées sont de trois sortes :

D'abord, nous examinerons d'une manière détaillée les faits anatomiques relevés sur nos coupes de *Nerium oleander*, *Malus*, *Olea*, *Ceratonia siliqua*.

En second lieu, nous exposerons les faits intéressant l'adaptation de la bouture au milieu et l'influence de certains traitements de forçage, tels que l'éthérification, les incisions; nous envisageons l'action de la température, du substratum, l'influence de la pesanteur, celle de la *masse* de la bouture, celle de la nature de la bouture.

La troisième partie est consacrée à l'exposé de considérations générales se rapportant à la sortie des racines, qui apportera, comme nous le verrons, une confirmation de la théorie de la phyllorhize de CHAUVEAUD; à l'examen rapide de certains caractères spécifiques et génériques que l'on peut comparer avec l'aptitude au bouturage, à la systématique et la morphologie du noyau.

Un résumé, précédant un index bibliographique, condensera les faits saillants et nouveaux.

I. Remarques anatomiques et morphologiques

a) NERIUM OLEANDER.

Le bouturage de *Nerium* réussit avec la plus grande facilité et les boutures n'exigent aucun soin spécial; elles peuvent être abandonnées en serre pendant longtemps sans souffrir. Cette espèce vit dans les climats chauds et modérés; son aire d'acclimatement est vaste, puisqu'on trouve des *Nerium* aussi bien dans le Massif Central français que dans les climats subtropicaux. On sait que le

Laurier rose vit de préférence près des mares, dans les terrains humides. Des fragments de *Nerium*, placés dans de l'eau de source, forment bientôt un chevelu de racines; de même, un petit fragment de tige, feuillu ou non, ne tarde pas, comme c'est la règle, à présenter un bourrelet cortical, d'où partent de nombreuses radicelles. Une seconde protubérance se développe concomitamment au niveau de la moelle. Il existe de *visu* deux zones de cicatrisation : l'une, centrale, médullaire; l'autre, périphérique, concentrique à la première. Le développement de la portion aérienne est plus précoce que celui des racines.

Examinons en détail la formation des tissus cicatriciels. Nous rappellerons dans l'examen critique de nos observations les travaux de Delacroix, de Mangin, de Prillieux, de Sorauer, etc... Pour obtenir rapidement du matériel, il est préférable de placer les boutures en serre; dans un laboratoire, il peut s'écouler un mois avant la percée de la première radicelle.

La coupe transversale d'une tige de *Nerium* montre les tissus suivants : un épiderme; une écorce verte assimilatrice renfermant des cristaux d'oxalate de calcium; un péricycle fibreux, dont les éléments, d'abord groupés en massifs, ne tardent pas à constituer une ceinture continue; un liber et du bois séparés par une assise génératrice; l'endoderme ne se reconnaît pas; il a une valeur nominale, sans que l'on puisse lui attribuer une valeur topographique ou histologique quelconque, comme d'ailleurs dans toutes les coupes dont il sera question plus loin.

Les rayons médullaires sont étroits; on note la présence d'un liber interne et d'une moelle avec laticifères. Il existe donc deux manchons de liber, et il n'est pas douteux qu'il se forme des racines aux dépens de la moelle. Nous apportons deux arguments probants : une démonstration morphologique et des preuves anatomiques.

La coupe 1 de la planche I illustre cette description. Nous décrirons d'abord les bourrelets, la sortie des racines, le rôle physiologique des tissus néoformés, puis nous comparerons ces faits avec les travaux des auteurs qui nous ont précédé.

Il arrive qu'il se forme simplement du liège, constitué par des cellules assez volumineuses, au niveau des tissus mous sectionnés. Mais, souvent, la cicatrisation est accompagnée de proliférations de tissus hyperplasiés et hypertrophiés.

La figure 2 de la planche I représente une coupe longitudinale de *Nerium* après la formation des bourrelets. C'est une tige plus âgée que celle du dessin 1, puisque l'on trouve du liège à la périphérie de l'écorce. Les divers tissus sont dessinés schématiquement afin d'éviter une extension excessive des figures. Les coupes obtenues sont suffisamment minces pour être considérées comme des documents certains. On y reconnaît d'ailleurs toutes les cellules des tissus, même le bois primaire b^1 (vaisseaux annelés et spiralés). Il existe au-dessous de l'écorce un phelloderme qui se subérise au niveau de la blessure sans qu'il y ait excroissance de tissus. Au contraire, dans

la région située au deçà du péricycle, interpéricyclique, il se différencie un bourrelet dont les limites sont celles du bois secondaire b^2. Les caractères morphologiques des deux bourrelets sont les mêmes. Le bourrelet cortical prend naissance surtout aux dépens du cambium libéro-ligneux *c;* il est d'abord constitué par un méristème pennachymateux où se différencient rapidement, à l'extérieur, du suber et des cellules vasculaires. Lorsque le bourrelet est adulte, il possède une organisation assez complexe. Il est dépourvu de laticifères, et quoiqu'il soit intimement soudé au tissu de la tige, son anatomie est celle d'un organe conducteur. De l'extérieur à l'intérieur, on voit dans le bourrelet médullaire : un liège *s*, produit par un cambium cortical, assez analogue au cambium subéro-phellodermique; un tissu parenchymateux dédifférencié, formé de cellules polyédriques à paroi mince; enfin, des cellules vasculaires *v*, isolées au voisinage du cambium qui leur a donné naissance, ultérieurement associées en îlots allongés, dont la plus grande dimension est orientée dans le sens de la tige. Un cambium intramédullaire produit un assez grand nombre de cellules polarisées en séries longitudinales, qui se différencient ultérieurement en cellules vasculaires, les plus grandes : il en est de très longues; on sait que leur surface est lignifiée par place, de telle sorte que si on les examine après coloration à la fuchsine ammoniacale, on aperçoit un réticulum teinté en rose. Nous verrons que ce sont bien des cellules servant à la circulation de la sève; dans la partie inférieure du bourrelet, un cambium contribue à en augmenter le nombre. Ces divers tissus, à l'exception du suber, sont constitués par des cellules ayant perdu les caractères de celles des tissus ayant les mêmes attributions physiologiques dans la tige. Les cellules vasculaires peuvent être comparées dans une certaine mesure aux cellules rayées du bois. Les éléments du parenchyme ont des formes variables, et l'on peut comparer cette dédifférenciation partielle à celle qui a été constatée dans les tissus de cicatrisation des tissus animaux. On peut supposer par analogie que si les cultures de tissus végétaux sont possibles, les cellules présenteront une certaine ressemblance avec les cellules cicatricielles des bourrelets.

Cette abondance de cellules vasculaires fait penser au cas des *Ficus*, du *Coleus*, chez lesquels, d'après Delacroix, un véritable cambium apparaît comme chez les *Fuchsia*. Mais il n'y a pas de recouvrement du bois nouveau, ainsi que cela a été constaté chez *Salix*. En effet, d'après Sorauer, le bourrelet de *Salix*, d'origine cambiale, est recouvert par les tissus néoformés de l'écorce; ce bourrelet médullaire se soudant avec celui de l'écorce externe et faisant pont. Chez les *Fuchsia*, tous les tissus de la tige peuvent donner naissance à un bourrelet propre : l'écorce extrapéricyclique, la portion cambiale et la moelle. Dans chacun de ces bourrelets, il apparaît des faisceaux de cellules vasculaires, allongés dans le sens de la tige, ainsi que des îlots d'origine cambiale.

Quelle est la signification morphologique des bourrelets ? On peut

tout d'abord les considérer comme des tumeurs, avec hyperplasie et hypertrophie cellulaire, mais cette comparaison ne pourrait être envisagée comme physiologiquement exacte, car les cellules n'évoluent pas pour leur propre compte, mais en vue de constituer des tissus servant à la conduction de la sève. Un bourrelet a certains caractères cancéreux. On pourrait, ce semble, voir dans l'organisation du bourrelet un organe formé en majeure partie du tissu différencié, avec une portion périphérique, qui aurait quelque analogie avec l'écorce externe d'une jeune tige ou d'une jeune racine venant de se former. Il existe chez tous les organes un tissu intermédiaire parenchymateux, une portion vasculaire interne, caractérisée par la présence d'un cambium à son voisinage. On serait donc tenté de voir une sorte de racine primitive, un organe transitoire n'évoluant pas. On pourrait aussi arguer que la jeune racine est issue d'un cambium où se forment des méristèmes. Mais le bourrelet est un ensemble de tissus d'origines diverses (d'origines cambiale, parenchymateuse et médullaire), tandis qu'une racine se développe aux dépens d'un même tissu, d'un même méristème. Il semble donc que l'on doive considérer le bourrelet comme un cicatrice adaptée à l'absorption de matières nutritives, comme un tissu vascularisé, resté à l'état primitif. Il est évident que le caractère archaïque des tissus du bourrelet est en faveur de la supposition que la culture *in vitro* des tissus végétaux pourrait réussir si l'on effectue des prélèvements de portions de bourrelet. Si l'on examine, d'autre part, la valeur morphologique du bourrelet à la lumière de la théorie de la phyllorhize de Chauveaud, on est obligé d'admettre qu'il ne peut pas être question d'organe comparable à une racine. Le bourrelet a tout au plus la valeur de tissus divers, d'ailleurs orientés perpendiculairement à la tige et sur lequel la pesanteur ne paraît pas avoir d'influence.

La naissance et la sortie des racines de *Nerium* est très curieuse. Les racines corticales naissent aux dépens du cambium libéroligneux (fig. 2, pl. I, *pd*). Il ne tarde pas à se constituer un méristème où l'on discerne bientôt une organisation : on voit naître des cellules plus allongées qui sont des éléments vasculaires de la future radicelle *r*, à l'intérieur; à l'extérieur, on distingue, surtout au pôle tourné du côté extérieur, une couche de cellules se divisant activement, et que l'on peut qualifier de cellules digestives. Celles-ci perceront l'écorce et permettront la sortie de la racine. Les tissus de la racine et ceux de la tige sont naturellement en discontinuité.

La naissance des racines d'origine médullaire est un fait que nous considérons comme établi.

Si nous immergeons la partie inférieure d'une bouture de *Nerium*, complètement décortiquée (planche II, fig. 3, A, B, C), de manière à ce que le bois secondaire soit à nu, et qu'il ne reste aucune partie du cambium, on n'observe d'abord, si la portion du bois écorcé est assez longue, aucune réaction, à part la formation d'un bourrelet cortical (*b*), énorme, ayant l'allure extérieure d'une tumeur et qui est percé par les nombreuses radicelles (*r*).

Si le bois écorcé n'a pas une longueur trop grande par rapport à celle de la tige restée intacte, nous assistons à la formation (*A*) d'un bourrelet cambial *b*, *c*, et d'un bourrelet médullaire *b*, *m*, discontinu. On peut même, en sectionnant une ou deux racines r^1, provoquer la sortie, à leur voisinage, de racines que l'on peut qualifier de racines de remplacement r^2. Très souvent, on note la présence de racines d'origine médullaire, faisant d'abord saillie dans la moelle au voisinage du bourrelet, puis s'allongeant (r^3) et donnant naissance à un chevelu de racines secondaires. Au point de vue morphologique, cette constatation est définitivement prouvée.

Si nous examinons une coupe de tige où une racine médullaire vient d'apparaître (Planche I, fig. 3), on aperçoit que les tissus de la racine sont en continuité parfaite avec ceux du bourrelet, à l'exception du suber, mais il n'en est pas toujours ainsi. Le cas cité est curieux en ce sens que ce sont les cellules vasculaires du bourrelet qui sont en relation, d'une part avec le cambium et le liber interne de la moelle, et avec les éléments vasculaires de la racine, d'autre part. Le simple examen de la coupe démontre d'une manière irréfutable l'origine médullaire de la racine. Celle-ci est constituée par trois zones de tissus différenciés histologiquement : une zone externe subéreuse *s;* une zone moyenne formée de cellules parenchymateuses allongées *e;* enfin, une zone centrale constituée par des cellules très longues, non encore différenciées, en bois et liber caractérisés *e v*.

Les cellules vasculaires de la radicelle sont d'abord constituées par des éléments allongés à paroi mince, sans ornementation colorable à la fuchsine ammoniacale, comme c'est le cas des cellules vasculaires du bourrelet. L'expérience de décortication montre que le liber externe n'est pas indispensable, étant suppléé dans ses fonctions par le liber interne, mais si le bois est supprimé (on peut réaliser cette opération facilement), on constate qu'il ne s'établit aucune circulation de remplacement, et la bouture dépérit en même temps que la moelle se nécrose. Le succès du bouturage facile dépend donc essentiellement de la présence du bois.

Ces conclusions sont à rapprocher de celles de Detmer, partisan de la naissance des racines corticales aux dépens d'un méristème, situé au voisinage du bois et du liber. Les racines prennent naissance près des tissus conducteurs. Les particularités de la genèse et du développement des racines corticales de *Nerium* sont analogues à celles qui ont été observées chez *Salix*, *Begonia* par Elsie Kupper. Enfin, on connaît les travaux de Ravaz sur le bouturage de la *Vigne*. Ravaz a montré que c'est dans l'assise la plus externe du liber que la racine adventive prend naissance. Il se forme une poche digestive aux dépens de la couche la plus interne des rayons médullaires libériens. Le tissu cicatriciel ne donne jamais naissance aux racines, c'est plutôt, d'après cet auteur, un obstacle à leur formation. De plus, le bourrelet n'absorberait pas les matières nutritives, car la bouture n'en a pas besoin; la jeune racine traverse donc l'écorce.

D'après les travaux des auteurs cités et les nôtres, la racine adven-

tive ne prend jamais naissance dans le péricycle. Quant au bourrelet, il est certain que le fait que les cellules vasculaires soient mêlées aux éléments vasculaires de la jeune racine médullaire du *Nerium* n'est pas dans ce cas en faveur de la théorie classique. En général, les cellules vasculaires conduisent l'eau.

On peut donc affirmer que les racines prennent naissance plus particulièrement dans les méristèmes situés au voisinage des *tissus vasculaires, que ces derniers soient en dehors du bois ou à son intérieur, contrairement à l'opinion classique attribuant aux tissus de l'écorce interne un rôle exclusif dans la formation des poches digestives rhizogènes.*

Les racines d'origine médullaire possèdent la même structure que celles qui sont d'origine corticale.

Enfin, une autre particularité à remarquer, est le *développement fréquent de lenticelles* dans la partie immergée des boutures. Ce fait paraît donc être général; nous l'avons constaté très nettement chez l'*Olivier* et le *Caroubier*. Ceci résulte vraisemblablement des conditions de vie de la bouture. L'eau et le sol permettant difficilement le développement des feuilles, organes de la respiration, il se différencie des lenticelles. Si nous inversons la bouture par rapport à l'action de la pesanteur (retournement), le développement de celle-ci se poursuit normalement (Planche II, fig. C). On voit se constituer un bourrelet cortical, ce qui montre que les tissus n'ont aucune polarité vis-à-vis de la pesanteur. La bouture ne joue bientôt qu'un rôle de tissus de réserve, dans le cas où le substratum ne contient pas suffisamment d'éléments nutritifs assimilables.

b) Malus paradisiaca.

On retrouve dans une coupe longitudinale de bouture de *Pommier* des fibres péricycliques comme chez *Nerium;* les formations secondaires sont régulières selon le schéma classique. On rencontre de l'extérieur à l'intérieur (Planche II, fig. 1,) : du liège *l;* une assise génératrice subérophellodermique *a, g;* un tissu assimilateur *p, h;* une couche dite endodermique dont on devine la place d'après la situation topographique donnée par les anciens auteurs; cet endoderme n'est pas caractérisé comme un tissu spécialisé; il n'est pas discernable dans toutes nos nombreuses coupes; c'est donc une expression ancienne qui pourrait être avantageusement oubliée, parce que ne représentant généralement aucune différenciation tissutaire et cellulaire pour laquelle le mot avait été créé. On distingue plus à l'intérieur une couche abondante de fibres péricycliques *p*. Au sujet du terme péricycle, pour les mêmes raisons, nous renouvellerons les réserves exprimées ci-dessus sur le mot endoderme. Enfin, on voit un liber *li*, l'assise cambiale *c* et le bois *b*. Chez le *Pommier* nous n'avons observé que des bourrelets d'origine corticale.

La cicatrisation débute comme chez *Nerium* par une subérification des tissus situés au voisinage de la portion de la section compri-

se entre le liège et les fibres, ces dernières s'opposant à la formation de liège. Celui-ci, formé autour de l'écorce externe *l c*, se différencie perpendiculairement au liège normal *l*, à une certaine distance du bord, grâce à la présence d'une assise génératrice *c c*.

Au contraire, chez *Nerium*, le liège se forme au contact de la section, et les choses en restent là; mais chez le *Pommier*, les cellules situées à l'intérieur de la cicatrice se multiplient, font éclater la barrière de liège déjà constituée, et se relient au bourrelet parenchymateux, issu de l'écorce interne. Les cellules vasculaires ne se forment qu'aux dépens du cambium libéro-ligneux tout d'abord, puis il naît des îlots de cellules vasculaires *v*, à partir d'un méristème *c v*.

La structure de ce bourrelet est identique à celui de *Nerium*.

D'après Delacroix, seuls, les tissus situés entre le périderme et le bois donnent naissance aux tissus cicatriciels, avec hyperplasie et hypertrophie cellulaire. De ce qui précède, il ressort que cette constatation n'est possible qu'au début de la constitution du bourrelet. Plus tard, les cellules du périderme se multipliant activement, le bouchon de suber est poussé par les cellules sous-jacentes néoformées; il en résulte, comme nous l'avons vu, la rupture de la première cicatrice.

c) Olea europea.

La tige de l'*Oliver* possède une structure différente de celle des deux espèces précédemment décrites. En examinant une coupe transversale de l'*Olivier* (Planche III, fig. 1), en note les formations secondaires de l'écorce : un liège *l;* une assise génératrice corticale *a g;* un phelloderme *e c;* des sclérites « péricycliques » à paroi épaisse *s c;* des formations secondaires libéro-ligneuses, c'est-à-dire un liber *li*, un cambium épais *c*, un bois secondaire *b*, à rayons médullaires étroits *r n*. Les fibres *f* constituent la majeure partie du bois d'*Olivier*, d'où sa dureté; enfin, la moelle, à cellules inégales *m*. Alors que les boutures de *Nerium* et de *Pommier* forment rapidement des radicelles, celles de l'*Olivier* et du *Caroubier* vivent longtemps sur leurs réserves, et d'adaptent au milieu, à ces circonstances.

Examinons les modifications subies par les tissus avoisinant la section d'une tige (Planche III, fig. 2). On voit sur le pourtour de l'écorce externe, extra-péricyclique, au niveau de la section, plusieurs couches de cellules à paroi de liège, se raccordant perpendiculairement avec le suber de la tige *l c;* il y a donc occlusion de cette partie. Au contraire, la portion de la tige située entre les sclérites et le bois secondaire participe à la production d'un énorme bourrelet complexe, dont le volume est en rapport avec celui de la bouture. L'organisation et la formation de ce bourrelet sont respectivement identiques à ce que nous avons vu au sujet du *Laurier rose*. Ce bourrelet est continu en ce sens que les excroissances, d'abord annulaires, se touchent bientôt, et recouvrent complètement la surface du bois et de la moelle, sans qu'il y ait soudure de bord à bord : il n'y a pas de rapports anatomiques, mais seulement juxtaposition des

nouveaux tissus par rapport aux anciens. En coupe, le bourrelet est formé en réalité de plusieurs lames s'entrecroisant et possédant une couche de liège externe *s*, une couche moyenne parenchymateuse *p*, et des cordons de cellules vasculaires *c v*. Il n'existe pas apparemment de relations de cause à effet entre le développement des bourrelets et celui de la racine ou des feuilles. Il se produit fréquemment une lignification des tissus mous situés au voisinage de la section.

Une des particularités de l'adaptation des boutures à un développement lent paraît être la naissance de nombreuses formations analogues aux lenticelles, dans la partie souterraine des boutures (Planche V, fig. 5, *l*). On constate même un parallélisme étroit entre la lenteur du développement et la formation des lenticelles. Plus le bouturage est long, plus la naissance des lenticelles est fréquente.

Si nous observons une coupe de lenticelle d'*Olivier*, formée expérimentalement (Planche II, fig. 2), nous distinguons d'abord des assises de cellules subéreuses assez grandes *l i*, présentant des méats consécutifs à l'accroissement de cellules issues de méristèmes *c e;* il n'est pas possible de discerner une assise génératrice continue, se raccordant avec l'assise subéro-phellodermique *a g*, ainsi que le veut la théorie classique de l'un des modes de différenciation des lenticelles. Le liège existe à l'extérieur; ce n'est que progressivement que les cellules produisent un assez grand nombre d'éléments qui s'imprègnent de matière subéreuse. Ces massifs, aux dépens desquels les cellules de liège naissent, sont situés profondément, parfois au voisinage de la zone dite péricyclique.

d) Ceratonia siliqua.

Les boutures de *Caroubier* restent très longtemps à l'état de vie ralentie. Si l'on enterre des fragments de branches de grandes dimensions (50 cm × 2 — 3 cm), la partie aérienne se développe rapidement, et l'on obtient vers le cinquième ou sixième mois un véritable arbuste, sans pour cela qu'il y ait d'enracinement. Le *Caroubier* est le type de Dicotylédone difficile à reproduire par bouture.

Durant la vie souterraine, on voit se produire sur la section un bourrelet cortical discontinu (Planche v. fig. 10, *c*), en même temps qu'une racine unique apparaît (fig. 11, *r*). Souvent la surface de l'écorce est couverte par places d'une série de petits mamelons subérifiés, constituant des plaques de formes diverses (10, fig. A et B). Certaines boutures sont presque entièrement couvertes par ces excroissances; on distingue à la loupe dans chacune de ces dernières une partie périphérique faisant saillie (fig. 10, l^1), au centre de laquelle se trouve une dépression. De tels organes sont des lenticelles. Il y a donc hyperplasie des lenticelles, en rapport non seulement avec la vie souterraine, mais aussi avec la durée de l'enracinement. L'abondance des lenticelles semble être corrélative de la rareté des racines adventives. Il est sans doute difficile de généraliser les observations se rapportant à un nombre réduit d'espèces de Dicotylédones, qui présentent, il est vrai, ces particularités d'une manière évidente.

II. Remarques physiologiques

Nous rangeons nos observations en deux catégories : les unes se rapportant plutôt au domaine de la physiologie végétale; les autres, au bouturage pratique. Nous examinons quelle est l'influence des facteurs suivants sur le développement des boutures des espèces déjà citées : température, pesanteur, masse de la bouture, substratum, enfin l'influence de certains procédés de forçage (bains chauds, éthérification, incisions, occlusion des extrémités à la paraffine).

a) Influence de la température.

Une température de 25° convient très bien. Il existe une relation étroite entre la vitesse de développement et la température. Les remarques groupées dans le tableau 1 concernent le cas du *Nerium*.

TABLEAU I

Influence de la saison sur le développement de Nerium

DATE de mise en place	FORMATION DES BOURRELETS		FORMATION DES RACINES		FORMATION des FEUILLES
	DATES	OBSERVATIONS	DATES	OBSERVATIONS	
15 février.	26 mars.	Présence d'un bourrelet médullaire.	26 mars.	Développement des racines.	Développement des feuilles.
22 avril.	5 mai.	*Lot 1.* Bourrelet cortical et bourrelet médullaire.	id.	id.	id.
id.		*Lots 2, 3.* d°	id.	id.	id.
id.	11 mai.	*Lot 4.* d°	id.	id.	id.
id.	4 juin.	*Lot 5.* Formation du bourrelet.	4 juin.	Nombreuses racines d'origine médullaire et corticale.	Feuilles de 6-8cm
	9 juin.	*Lots 1, 5.* Toutes les boutures ont un bourrelet.	9 juin.	Très nombreuses racines	d° de 9-10cm

Toutefois, une température élevée est nuisible. Des boutures de grandes dimensions de *Citrus* (*Oranger* et *Citronnier*), placées dans des châssis vitrés ou non vitrés, à l'air libre, et recouvertes de terre, de sable ou de charbon de bois, se dessèchent rapidement malgré de fréquents arrosages quotidiens, le maximum de température étant voisin de 40°. L'optimum de croissance est aux environs de 30°.

TABLEAU II. — **Influence de la pesanteur, de la variété, du substratum, de certains traitements sur le bouturage de l'OLIVIER et du CAROUBIER**

N° du lot	ESPÈCES	VARIÉTÉS	NOMBRE de boutures	GENRE DE BOUTURES	TRAITEMENT	SUBSTRATUM	DATE de mise en place	Etat des boutures (Boutures feuillues a ; boutures enracinées b)									
								15 Juin		17 juillet		18 août		15 septembre		15 octobre	
								a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	*Caroubier*	»	25	Grosses boutures.....	Incision annulaire sur l'arbre.	Sable	6 mai	0	0	1	0	1	0	3	0	1	1
2	id.	»	50	id.	id.	id.	id.	7	0	13	0	14	0	14	0	10	2
3	id.	»	2	Très grosses boutures..	Deux incisions longitudinales.	Charb. bois pulvér.	15 juillet	1	0	2	0	2	0	2	0	»	»
4	id.	»	25	Grosses boutures de tête	id.	id.	id.	1	0	3	0	8	0	6	0	0	»
5	*Olivier*	*Chaïbi*	50	Boutures à 2-3 yeux....	Boutures verticales. Extrémité supérieure hors du substratum.	id.	id.	0	0	2	0	3	0	5	0	13	0
6	id.	id.	50	id.	id. Extrémité supérieure paraffinée.	id.	id.	17	0	20	0	22	0	27	0	27	1
7	id.	id.	100	Boutures à 2-3 yeux non issues de repousses..	Traitement à l'acide acétique.	id.	id.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	id.	id.	50	id.	Boutures verticales.	id.	id.	2	0	8	0	14	0	14	0	8	1
9	id.	id.	50	id.	Boutures verticales paraffinées.	id.	id.	15	0	20	0	33	0	36	0	30	0
10	id.	*Er-Ragma*	50	Boutures à un œil issues de repousses....		id.	id.	2	0	3	0	3	0	0	0	0	0
11	id.	id.	50	id.	Boutures verticales.	id.	id.	14	0	18	0	15	0	14	0	2	0
12	id.	id.	50	id.	Boutures verticales paraffinées.	id.	id.	20	0	25	0	18	0	15	0	8	0
13	id.	id.	50	id.	Témoin.	id.	id.	17	0	12	0	12	0	18	0	2	0
14	id.	id.	50	id.	Boutures verticales.	id.	id.	16	0	17	0	12	0	12	0	2	0
15	id.	id.	50	id.	Boutures verticales paraffinées.	id.	id.	32	0	30	0	29	0	13	0	9	0
16	id.	id.	25	id.	Extrémité inférieure paraffinée.	id.	id.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	id.	id.	50	id.	Boutures verticales.	id.	id.	5	0	7	0	7	0	7	0	5	0
18	id.	*Chaïbi*	50	id.	id.	id.	id.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	id.	id.	30	id.	id.	id.	id.	1	0	3	0	6	0	8	0	7	0
20	id.	id.	30	id.	Extrémités paraffinées.	id.	id.	11	0	15	0	15	0	15	0	15	0

Tableau III — Influence de la masse, des incisions, de l'éthérification ; cas de l'OLIVIER

N° du lot	VARIÉTÉ	NOMBRE de boutures	GENRES DE BOUTURES	TRAITEMENT	DATE de mise en place dans le sable	ETAT DES BOUTURES { a) boutures feuillées b) boutures enracinées } au												b
						25 avril		15 mai		25 mai		22 août		10 novembre		3 janvier		
						a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
1	»	25	Boutures à 1 œil		14 mars	12	0	12	0	15	0	12	1	10	0	7	0	0
2	»	25	Grosses boutures.....		id.	18	0	22	0	23	3	21	4	14	9	16	8	8
3	»	25	Boutures à 1 œil	Deux grosses incisions longitudinales.	id.	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	»	25	id.	Deux incisions moyennes.	id.	8	0	18	0	18	0	21	3	15	5	14	9	10
5	Chemchali de Gafsa	25	id.	id.	id.	1	0	7	0	10	0	15	2	6	10	5	10	10
6	id.	25	id.	id.	id.	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	id.	25	id.	Deux petites incisions.	id.	1	0	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
8	id.	25	id.	Une grosse incision.	id.	1	0	11	0	11	0	6	0	6	0	5	1	0
9	id.	25	id.	Une incision moyenne.	id.	3	0	7	0	10	0	3	0	2	0	1	0	0
10	id.	25	Grosses boutures.....	Une petite incision.	id.	3	0	7	0	8	0	11	2	7	4	5	5	6
11	id.	25	id.	Une grosse incision.	id.	6	0	15	0	16	0	20	0	15	4	11	7	9
12	id.	25	id.	Une incision moyenne.	id.	7	0	18	0	22	0	21	0	20	3	18	4	7
13	id.	25	id.	Une petite incision.	id.	8	0	15	0	15	0	18	1	13	3	12	3	3
14	id.	25	Boutures à 1 œil	id.	id.	3	0	13	0	18	0	11	0	11	0	11	0	0
15	id.	25	id.	Nombreuses piqures.	id.	1	0	4	0	4	0	5	0	3	0	2	1	0
16	Chemchali de Djerba	25	id.	Extrémités obturées au mastic.	id.	1	0	4	0	6	0	11	0	14	0	13	0	0
17	id.	25	id.	Extrémité supérieure abturée.	id.	1	0	6	0	10	0	13	0	13	0	12	0	0
18	id.	25	id.	Deux grosses incisions.	id.	0	0	2	0	3	0	3	0	4	0	2	0	0
19	id.	25	id.	Extrémité supérieure obturée.	id.	0	0	4	0	6	0	7	0	8	0	8	0	0
20	id.	25	id.	id.	id.	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	0	0
21	Chemchali de Gafsa	25	id.	Une incision.	id.	0	0	1	0	5	0	8	0	8	0	7	0	0
22	id.	25	id.	Ethérification 100 heures.	id.	1	0	2	0	5	0	12	0	9	0	8	0	0
23	id.	10	id.	Deux grosses incisions.	id.		1		1				1					2
24	id.	10	id.	Deux incisions moyennes.	id.		0					0						0
25	id.	10	id.	Deux petites incisions	id.				3					1				
26	id.	10	id.	Une grosse incision.	id.		1		1			0						0
27	id.	10	id.	Une incision moyenne.	id.				3		6							
28	id.	10	id.	Une petite incision.	id.		1		1					1				1
29	id.	10	id.	id.	id.		1		2					3				1
												4 juin		9 juin		20 juin		29 juin
												a	b	a	b	a	b	
30	id.	25	id.	Ethérification 72 heures.	février		9		8		12		11		10		9	2
31	id.	25	id.	— 60 heures.	id.		4		3		6		6		9		9	3
32	id.	25	id.	— 48 heures.	id.		3		2		7		7		8		6	5
33	id.	25	id.	Eau chaude 30° 12 heures.	id.		»		1		»		1		1		1	1
34	id.	25	id.	— 11 heures.	id.		2		4		3		3		2		2	»

b) Influence de la pesanteur.

On peut se demander si la situation verticale est préférable à la situation horizontale au point de vue de l'enracinement. Des essais ont été faits surtout avec des boutures d'*Olivier*. Les résultats sont rassemblés avec ceux d'autres expériences dans les tableaux 2 et 3 (pages 41 et 42).

On peut chercher si la pesanteur agit différemment selon les traitements.

Chez les végétaux difficiles à bouturer, le *Caroubier* et l'*Oranger*, on ne distingue pas d'effet visible de la pesanteur, ce qui empêche de formuler toute conclusion. Chez l'*Olivier*, les essais sont suffisamment nombreux pour qu'il soit possible de trancher la question. Examinons le comportement de deux variétés : *Er-Ragma*, *Chaïbi*. Chez cette dernière variété, la station verticale des boutures paraît favoriser la poussée des feuilles, bien que l'extrémité des boutures ne dépasse que de 2, 3^{cm} le substratum.

La variété *Er-Ragma* montre, lorsque les fragments sont verticaux, une forte proportion de reprise de feuilles supérieure à 12 % (Tableau 2, lot 11). Cet avantage est surtout manifeste au début (lot 14). Au point de vue de l'enracinement, on ne note rien de net, puisque les résultats sont indépendants de la position de la bouture. On peut certainement conclure que la pesanteur est sans effet.

Si nous retournons en sens inverse une bouture de *Nerium*, la croissance des feuilles et des racines reste normale, que le retournement soit antérieur ou postérieur au départ de la végétation. C'est la pousse feuillue la plus voisine de la section qui se développe en premier lieu; par la suite, les feuilles situées plus loin dépérissent. La partie morte de la bouture ne tarde pas à se décomposer et sert de matériel de réserve, très riche en éléments nutritifs, si l'on en juge à l'aspect de la végétation.

c) Influence de la masse de la bouture.

Quel est le plus petit fragment d'une tige susceptible de s'enraciner et de reproduire le végétal ? Cela dépend de l'espèce, de la variété, et l'impossibilité de propager par bouturage certaines espèces, même en employant de gros fragments, montre que la taille des boutures n'est pas le facteur déterminant de la naissance des racines. C'est le cas du *Caroubier* et de l'*Oranger*. Chez *Nerium*, il suffit d'une bouture de 4-5^{cm}; au contraire, le succès de l'enracinement de l'*Olivier* paraît dépendre de la masse de la bouture. Ainsi, les grosses boutures (Tableau 3, lot 2) ont des reprises dépassant de 50 % les boutures dites à un œil, avec un pourcentage d'enracinement voisin de 30 %. Il s'agit, il est vrai, de fragments dépassant 30-40^{cm} × 2-3^{cm}, alors que la bouture à un œil n'atteint pas 6-7 ^{cm} × 1^{cm}. Il suffit de comparer les lots 8 et 11, 9 et 12 (Tableau 3) pour être convaincu de la facilité d'enracinement des grosses boutu-

res. On sait que l'enracinement des souchets est certain. Cela est conforme à l'expérience séculaire des indigènes. D'après DEGRULLY, les indigènes algériens tronçonnent des fragments des branches de 30-45^{cm} × 2-3^{cm}. avec environ 50 % de succès; parfois des fragments de 30 ^{cm} suffisent, mais les boutures doivent être fréquemment arrosées pour reprendre. Dans la région de Fez, selon MAESTRALLI, les fellahs marocains plantent de véritables branches de 1,5-2^{cm} de diamètre, qui deviennent dans quelque quatre ans de véritables arbustes. Il est certain que l'on a avantage à propager l'*Olivier* par bouture, cette opération étant moins longue que le greffage, d'autant plus que la maladie bacillaire (*chancre de l'Olivier*) est plutôt rare en Tunisie et dans l'Afrique du Nord, si l'on se rapporte aux Comptes rendus des Congrès d'Oléiculture. Le bouturage à un œil est aléatoire; on peut arriver avec des soins spéciaux à propager quelques individus, mais il n'est pas actuellement possible d'obtenir des résultats aussi satisfaisants qu'avec la *Vigne*.

d) INFLUENCE DU SUBSTRATUM.

Les milieux dont on dispose par grande quantité sont : la terre, le terreau, le sable et le charbon de bois pulvérisé; ceux-ci étant maintenus constamment humides par des arrosages continuels, qu'il s'agisse de propagation en serre, en pleine terre ou sous châssis.

Le *charbon de bois* ne peut guère être utilisé qu'en serre, où les maxima de température sont peu élevés (30-35°). Si l'on emploie le charbon dans les châssis, on obtient des résultats moins bons, car le charbon absorbe les radiations comme un corps noir, et malgré des arrosages répétés, il est difficile de régler la température, de telle sorte que les boutures périssent souvent par excès de chaleur. Par ailleurs, le charbon est un milieu aussi intéressant que le sable; il reste presque indéfiniment propre par suite des propriétés d'absorption des tissus végétaux carbonisés, mais il est peu pratique à cause des difficultés que l'on éprouve pour extraire les boutures enracinées.

Le *terreau* est peu favorable, il n'est pas à conseiller en raison des contaminations fréquentes d'origine cryptogamique.

La *terre* convient au même titre que le sable, mais il faut surveiller l'arrosage avec soin; un excès d'eau nuit beaucoup et entraîne souvent la pourriture des fragments.

Le *sable* est le milieu le mieux adapté au bouturage; le sable fonctionne comme un filtre si l'eau n'est pas propre. Il suffit de renouveler plusieurs fois la couche superficielle, qui se couvre d'algues.

Les boutures placées dans le sable supportent des excès d'arrosage (le sable étant perméable), et des excès de température sont bien supportés (le sable mouillé est un isolant). Il est très commode lors de la recherche des radicelles des petites boutures. C'est assurément le meilleur substratum.

Ajoutons que les boutures n'ont pas besoin d'engrais, le bois et l'écorce jouant le rôle d'organes de réserves.

Les mélanges de sable et de charbon de bois seraient à essayer.

e) Influence de certains procédés de forçage.

Avant de commenter les résultats, il n'est pas sans intérêt de résumer les essais des auteurs qui nous ont précédé.

Poirault se sert d'un procédé simple. Il procède à de nombreux bassinages, et il aurait réussi à bouturer plus de 500 espèces dont certaines sont difficiles à propager (*Rosier*).

Citons le forçage par éthérisation ou procédé de Johannsen, qui a pour effet de stimuler la végétation après une période de repos hivernal. Ce procédé réussit sur des plantes à rhizomes, les branches de *Prunier*. La dose d'éther à employer varie selon les plantes : pour *Azalea mollis*, *Staphylea* et *Pirus*, elle est de 38 gr. environ par 100 litres d'air; pour *Amydalus*, *Prunus*, 32 gr. suffisent; enfin, pour *Viburnum*, 40 gr. sont nécessaires. La durée du traitement est de 24 à 30 heures. Selon Walter Howard, il est bon d'éthérifier à deux reprises à 24 heures d'intervalle; les résultats sont tantôt favorables, tantôt défavorables. Les végétaux qui réussissent facilement après l'éthérification appartiennent aux genres : *Salix*, *Alnus*, *Platanus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Tamarix*.

Un autre procédé qui semble être encore en faveur est celui des bains chauds de Molisch, expérimenté par Parkinson, d'après lequel ce moyen de forçage est à recommander pour les *Citrus*, *Spirea*, à condition d'opérer entre 29°5 et 38°, et de limiter à 12 heures la durée du bain.

Stewart utilise aussi les bains chauds ainsi que les bains acidifiés par l'acide acétique : il gradue les effets en passant de l'eau acidifiée à 1/10.000 à de l'eau contenant 1/1.000 d'acide acétique. Dans ces conditions, les *Rosiers* et les *Chrysanthèmes* se développeraient rapidement.

Enfin, des injections d'eau seraient, d'après Weber, plus efficaces que les piqûres, pour *Tilia platyphylla*, *Syringa vulgaris*. Les résultats sont moins bons en ce qui concerne le *Hêtre* et l'*Erable*.

Dauvergne se sert d'un procédé raffiné et paraît obtenir des reprises faciles en prenant certaines précautions. Il opère aseptiquement par flambage des sections, qui sont en dernier lieu obturées à la paraffine. Il lave au formol à 5/1.000 et ajoute au milieu du citrate ferroso-ferrique. Nous avons expérimenté la plupart de ces procédés à l'exception de celui de Swingle, qui a construit un matériel spécial. Ses châssis vitrés contiennent du sable stérilisé, retenu par une toile métallique; au fond se trouvent des récipients d'eau. La partie radiculaire se développe en vapeur saturée alors que la partie aérienne croît dans un milieu de serre. Swingle aurait réussi à bouturer des *Citrus*.

Nous avons essayé : l'éthérification, les bains chauds, les piqûres, les décorticatations partielles (incisions longitudinales), l'obturation à la paraffine de l'extrémité supérieure ou des extrémités de la bouture.

Éthérification. — Il existe une limite de durée, cent heures environ, au delà de laquelle l'anesthésique abîme les tissus, probablement en détériorant le chondriome (vésiculisation des mitochondries). On emploie l'éther et le chloroforme presque à saturation : on place, dans un récipient de quelque trente litres, 10 ^{cm3} de liquide. On observe une action favorable de l'éthérification (Tableau 3, lots 30-2) qui est en relation directe avec la durée du traitement (4 à 72 heures). Cette stimulation est visible quant au développement du feuillage. Elle agit aussi sur l'enracinement dans le même sens. Mais ce procédé ne comporte pas d'avantages assez prononcés pour être adopté dans la pratique. L'éthérification constitue un moyen de forçage des bourgeons floraux; en général, des organes chlorophylliens.

Bains chauds. — On immerge les boutures dans de l'eau à 30° pendant une durée de 11 à 12 heures. Ce moyen de forçage, d'application délicate, n'est pas efficace.

Piqûres. — Nous avions pensé qu'au lieu de placer brusquement des fragments anesthésiés dans la serre (ce qui provoque un réveil rapide de la végétation), il serait préférable de provoquer la croissance de tissus cicatriciels en un grand nombre de points de la bouture, en perforant avec une aiguille l'écorce tout entière. L'expérience a montré que le développement des méristèmes radiculaires est indépendant de ce genre de blessures. Les boutures piquées se comportent d'une manière identique à celle des boutures témoins (Tableau 3, lot 15).

Incisions. — Les *incisions annulaires*, pratiquées sur l'arbre avant le prélèvement des boutures en vue de déterminer l'afflux des réserves dans la partie située au-dessus de la portion privée de liber, n'ont pas donné les résultats escomptés en ce qui concerne le *Caroubier* (Tableau 2, lots 1, 2).

Les *incisions effectuées sur la bouture* sont faites dans un but bien différent du précédent. On peut penser que les incisions longitudinales provoquent la formation de tissus cicatriciels rhizogènes. Cette opinion est basée sur le fait que l'écorçage partiel des boutures de Vigne facilite leur enracinement. Il est aussi fort possible que le fragment de la tige, privé d'une partie de ses réserves, s'adapte à cette nouvelle circonstance par la formation rapide des racines. Cette vue finaliste, d'ailleurs hypothétique, n'est pas *a priori* illogique. On peut effectuer une ou plusieurs incisions, de dimensions variables, sans que ces dernières touchent les extrémités (Planche V, fig. 2-4). La figure 1 représente une bouture à un œil d'*Olivier* portant une petite incision de l'écorce jusqu'au bois; les incisions moyennes ont 3-5^{mm} de large, et les grandes incisions 0,5-1^{cm}. Les incisions doubles sont placées symétriquement par rapport à l'axe de la bouture et parallèlement à ce dernier. Il est difficile de tirer une conclusion certaine de ces essais. Bien que les lois du hasard ne s'appliquent qu'aux grands nombres, nous pensons que la décortication

partielle des boutures a une répercusion positive sur le développement des feuilles (Tableau 3, lot 8). La proportion des grosses boutures qui « partent » est d'autant plus grande que la décortication est plus importante. Ainsi, les boutures ayant une grosse ou une moyenne incision (Tableau 3, lots 11 et 12) s'enracinent plus fréquemment que les boutures portant une petite incision (lots 10 et 14).

L'éthérification des boutures partiellement décortiquées permettrait peut-être d'obtenir un meilleur résultat.

Traitement des boutures à l'eau contenant de l'acide acétique. — L'immersion des boutures d'*Oranger* et d'*Olivier* dans une solution d'acide acétique à 1/1.000 et des arrosages ultérieurs avec la même solution montrent que le cambium n'est pas le siège d'une irritation; les résultats sont négatifs. L'acide acétique a toutefois l'avantage de conserver assez longtemps les boutures à l'abri des Bactéries.

Obturation des extrémités des boutures. — On peut recouvrir l'une ou les deux extrémités; il est donc nécessaire de colorer le côté sommet des boutures afin de reconnaître leur orientation au moyen d'un colorant acide d'aniline.

L'obturation se pratique, soit avec un mastic spécial, soit avec la paraffine, par immersion dans un bain de paraffine liquide. Nous avons pensé que, dans ces conditions, les boutures se maintiendraient à peu près aseptiques (les tissus végétaux sont en effet dépourvus de Bactéries), et que les échanges d'eau peuvent être diminués considérablement; il en résulte un isolement des boutures par rapport au milieu. L'obturation de l'extrémité supérieure des boutures placées verticalement paraît assurer une longue conservation, un départ vigoureux du feuillage, sans déterminer d'enracinements plus fréquents (Tableau 2, lots 6 et 9, 5 et 8). L'obturation des deux extrémités a la même conséquence (lots 14-15, 19-20). Le paraffinage des boutures incisées longitudinalement s'est montré très défavorable à l'enracinement.

III. Considérations générales sur le bouturage

Nous pouvons nous demander si la naissance des racines, leur sortie, peuvent nous renseigner sur les théories qui ont été proposées pour expliquer la complexité structurale des végétaux, notamment la théorie de Chauveaud. A ces renseignements, nous joindrons ce que nous savons sur l'action des agents extérieurs au point de vue de l'enracinement. Enfin, nous citerons quelques faits relatifs aux relations existant entre l'aptitude au bouturage, la nature spécifique et le nombre de chromosomes. Nous examinerons accessoirement les hypothèses qui ont été formulées sur le mécanisme déterminant les mitoses, puis nous dirons dans quel sens l'étude sur le bouturage peut être orientée.

a) La sortie des racines, le bouturage et la théorie de Chauveaud.

Morphologie

Si nous examinons une bouture à un œil d'*Olivier*, peu de temps après sa mise en place (Planche V, fig. 1), nous constatons, à la partie supérieure du nœud, la formation d'une protubérance s'étendant circulairement environ d'un demi-centimètre autour du bourgeon. Plus tard, il naîtra d'abord une phylle (fig. 2), en général une seule, tandis que la racine sortira de l'écorce bien postérieurement; la première rhize étant située au-dessous de la tige si l'on redresse la bouture. La partie située au delà de la tige nouvellement formée se nécrose, de telle sorte que la circulation de la sève s'effectue de la jeune radicelle à la tige, à travers le vieux bois; les autres parties de la bouture jouent un rôle d'organe de réserves. Il peut arriver que la racine se forme tout près de la tige (fig. 4); les parties qui restent vivantes sont celles qui sont situées au contact du tissu de conduction. La tige se développe donc bien avant la racine et indépendamment de cette dernière chez les gros fragments (éclats ou souchets). Au point de vue chronologique, la racine peut prendre naissance sans qu'il se forme tout d'abord une tige; on peut même voir deux racines presque jumelles (fig. 6). Il peut naître successivement plusieurs tiges feuillues; au voisinage de chacune d'elles une radicelle se développe. Enfin, la radicelle peut se former à une certaine distance de la tige (fig. 9). On voit que les figures 2 et 5, 8, représentent des phyllorhizes, c'est-à-dire la formation d'une phylle et d'une rhize aux dépens d'un tissu intermédiaire. L'écorce située entre la phylle et la rhize reste vivante. Le bouturage n'est donc autre chose que la formation d'une phyllorhize née sur un fragment de tige, lequel est ultérieurement digéré, absorbé. On assiste à la formation d'une plantule élémentaire. Nous avons isolé une phyllorhize en la détachant de l'écorce et du vieux bois du souchet (fig. 8), et la jeune plantule s'est montrée viable; elle a aujourd'hui fondé une nouvelle colonie. Ceci constitue une application de la théorie de Chauveaud, qui se trouve confirmée par nos observations.

Chez *Pelargonium peltatum* (Planche V, fig. 12, *r*), il arrive que les racines se forment par paires, comme c'est le cas des Dicotylédones, d'après la théorie de Chauveaud. Il se forme aussi deux radicelles à la base de chaque nœud de la tige de *Tradescentia* (Planche IV, fig. 10). Chez le *Figuier de Barbarie*, chaque radicelle se développe à la base de chaque piquant qui a, comme on le sait, la valeur morphologique d'une feuille (Planche IV, fig. 14). Mais l'exemple typique de la formation de phyllorhizes est réalisé dans les phénomènes de la croissance de la tige de *Monstera deliciosa* (fig. 11); dans cette espèce, il se développe à la base de chaque feuille une racine unique, très grosse, et à mesure que la tige se développe, il est possible de tronçonner, de bouturer la plante mère en autant de

phyllorhizes. Le développement de racines à la base des feuilles se constate aussi chez *Epiphyllum truncatum* (fig. 9) et *Mesembrianthemum edule* (fig. 19-20). Chez d'autres espèces, la formation des racines est tellement rapide, accélérée, que différentes racines semblent naître simultanément, et il est difficile d'observer une concordance nette entre le développement quantitatif des racines et celui des feuilles; ceci est d'ailleurs prévu par la théorie de CHAUVEAUD. Ainsi, chez *Nerium oleander*, les racines (fig. 1) paraissent se former en des points éloignés du nœud. Cependant, chez cette dernière espèce, lorsque l'enracinement est lent, on parvient à isoler les phyllorhizes. C'est aussi le cas de *Hoya carnosa* (fig. 12).

Enfin, les tissus situés au voisinage de la section peuvent être physiologiquement considérés, à ce point de vue, comme appartenant à un nœud : en effet, on voit fréquemment de nombreuses racines se former au voisinage de la section, par exemple chez *Nerium* (fig. 2-6 et 17), chez *Tradescentia* (fig. 10), *Mesembrianthemum* (fig. 18), *Bougainvillea* (fig. 7 et 15) et *Myoporum insulare* (fig. 15). Enfin, nous soulignons le fait que l'enracinement suit le départ végétatif de la tige. Le bouturage n'est donc pas autre chose que le développement, puis l'association artificielle des phyllorhizes nées aux dépens d'un fragment d'une colonie, d'un ensemble de plantules. Il semble donc que l'on doive considérer les organes nouvellement formés d'une bouture comme un individu isolé du substratum de la colonie. Le bouturage est donc la formation d'une nouvelle colonie de plantules. Il est logique de rapprocher la théorie de CHAUVEAUD de la théorie de l'association coloniale des organismes qui a été exposée magistralement par Edmond PERRIER, après avoir observé le bourgeonnement de certains organismes tels que les *Chordés*, des *Hydroïdes*, etc... Ces théories jettent respectivement sur la constitution des êtres vivants une lumière nous permettant de nous faire une idée de l'évolution à travers les âges. Mais nous insisterons sur le fait que la formation de phyllorhizes ne se constate *facilement qu'au début du développement de la bouture;* bientôt, il se produit une accélération dans le développement, et il n'est pas aisé de distinguer les formations de phyllorhizes.

b) Nous avons vu précédemment que les procédés de forçage qui sont employés pour obtenir un développement plus rapide des organes chlorophylliens sont sans effet si l'on recherche exclusivement l'enracinement des boutures.

c) Les espèces vivant près des eaux, dans les terres humides, comme le *Laurier rose*, le *Saule*, l'*Abyssum campestre*, *Bryophyllum*, *Posidonia*, se bouturent très facilement; c'est aussi le cas des plantes dites *grasses*, qui renferment dans leurs tissus d'importantes réserves d'eau. Il y aurait lieu de chercher dans quelle mesure l'apport et la rétention de l'eau faciliteraient la propagation végétative de l'espèce. Ce côté écologique de la question n'a pas encore été abordé.

d) Caractères morphologiques et systématiques.

Si nous considérons les caractères de la classification (nous excluons dans ce mémoire la multiplication par bulbes et bulbilles), nous constatons la possibilité d'un bouturage presque immédiat chez les plantes à latex : certaines *Euphorbiacées*, telles que les *Acalypha*, *Euphorbia*, *Poinsettia;* certaines *Apocyanées*, diverses *Asclépiadées*, *Morées;* les plantes charnues (*Cactées*, *Ficoïdées*); les *Oléacées* à fibres, comme les *Fraxinus*, c'est-à-dire des plantes appartenant à des familles très différentes, n'ayant pas de parenté généalogique récente.

Dans un même genre, les espèces se différencient beaucoup les unes des autres au point de vue de l'aptitude à former des racines adventives. Par exemple, *Citrus Taïtii* se bouture très facilement alors que les espèces voisines, *Citrus aurantium*, *C. limonum*, se propagent très difficilement par fragmentation. Il est inutile de multiplier les exemples. Une ressemblance norphologique n'entraîne aucune corrélation physiologique.

On pourrait aussi se demander s'il existe une relation entre un caractère spécifique important, le nombre de chromosomes du noyau, et l'aptitude au bouturage.

Citrus sinensis, de bouturage aisé, a, d'après Frost, 18 chromosomes, alors que *Citrus limonum*, cependant peu facile à propager, ne possède que 9 chromosomes; de même, l'*Oranger* (9 chromosomes). On ne peut pas déduire qu'il y a relation de dépendance, Dans le genre *Rosa*, les hybrides « *Remontants* » et les hybrides de « *Thé* », généralement de bouturage difficile, ont des cellules à 14 chromosomes, d'après les travaux de Isabella Preston et W. Macoum; or, les variétés *Crimson* et *Dorothy Perkins*, qui appartiennent à l'espèce *Rosa multiflora* × *R. Wichuraiana* ont 7 chromosomes et se bouturent facilement. On voit donc qu'il n'existe, d'après ces quelques exemples, aucun rapport direct entre le nombre de chromosomes et l'aptitude au bouturage. Cette propriété paraît dépendre beaucoup des conditions climatériques, puisque les hybrides de « *Thé* » se reproduisent végétativement avec la plus grande facilité dans le nord de la France.

Cette conclusion est d'autant plus fondée que la variété *Maria-Léonida*, appartenant à *Rosa bracteata*, qui se propage par des boutures herbacées, a le même nombre de chromosomes (21) que *Rosa alba*, dont le bouturage est très lent; *Rosa semperflorens* se propage aussi facilement. Il n'existe d'autre part aucune corrélation marquée à ce point de vue entre les espèces qui possèdent le nombre de chromosomes de base et celles dont les cellules renferment un multiple de ce dernier.

On pourrait aussi considérer le rapport nucléo-plasmatique vis-à-vis de l'âge de la plante, de l'espèce. Il est indéniable que certaines boutures tendres réussissent mieux que les boutures plus âgées, à

masse sensiblement égale; or, dans les jeunes tissus, le noyau est relativement gros, mais comme il existe des nucléo-protéides dans le cytoplasme, il n'est pas commode de discerner l'influence de la grosseur du noyau. L'analyse chimique apporterait peut-être des éclaircissements sur cette difficile question.

On voit donc que l'aptitude au bouturage est indépendante des caractères anatomiques, spécifiques et chromosomiques, et qu'elle dépend, dans des limites non encore précisées, du climat : on sait que des auteurs américains seraient parvenus à bouturer des Agrumes par des moyens spéciaux de chauffage solaire.

e) Causes de la naissance et de la croissance des racines.

D'après nos observations et ce qui précède, à quelle cause peut-on rapporter la naissance, la croissance des racines et des méristèmes rhizogènes et phyllogènes ?

La plus récente théorie concernant les mitoses en général est celle de Gurwistch. Cet auteur imagine que la caryocinèse a pour cause initiale l'émission d'une radiation spéciale, un rayon mitogénique inducteur, capable de provoquer des mitoses dans les noyaux des cellules qu'il rencontre. Gurwistch invoque, pour justifier cette théorie, la différence de taux de mitoses dans les tissus irradiés et dans les tissus non irradiés par le rayon mitogénique, qui aurait quelque analogie avec les rayons ultra-violets, notamment celle d'être absorbé par une lame de verre. Comme, d'autre part, la division cellulaire paraît se rattacher aussi bien à des phénomènes physiques (variations de l'état colloïdal et électrique du contenu nucléaire) qu'à des phénomènes chimiques et que le fuseau nucléaire ressemble à des images provoquées par un champ magnétique suffisamment intense (expériences de Gallardo), l'hypothèse de Gurwistch est vraisemblable. D'après ce qui précède, les racines prennent naissance au voisinage d'un méristème de feuilles ou de tissus cambiaux situés au contact des faisceaux intercalaires; on peut supposer, en adoptant les vues de Gurwistch, que le méristème phyllogène induit les cellules voisines, qui ne tardent pas à se diviser; il se développe une phylle. La naissance de méristèmes doit donc se développer de proche en proche. Si nous raisonnons de même au sujet des racines qui prennent naissance au voisinage de la section, nous constatons précisément qu'il se développe rapidement des tissus cicatriciels dans lesquels les cellules sont partiellement dédifférenciées (cellules parenchymateuses et cellules vasculaires), car elles n'ont pas les caractères de celles des tissus physiologiquement correspondants. Comme ces cellules se divisent activement, il n'est pas étonnant qu'elles se différencient des méristèmes évoluant en organes d'absorption : les mitoses des tissus cicatriciels sont en effet nombreuses au début. On constate effectivement chez certaines espèces la formation d'un très grand nombre de racines adventives au niveau de la section.

Cette hypothèse mitogénique permet de comprendre qu'une mitose entraîne une autre mitose chez les cellules voisines : on conçoit que la propriété mitogénique se transmet de proche en proche, de cellule à cellule. Cette conception se heurte au fait qu'on ne constate de mitoses nombreuses qu'en des points restreints de la bouture. On peut invoquer aussi, à titre d'objection, le manque fréquent de synchronisme entre le développement d'une phylle nouvelle et celui d'une rhize. Certaines boutures restent indéfiniment pourvues d'une seule tige feuillue, s'accroissant sans cesse, sans qu'il se forme de racines ou de nouvelles tiges. On constate, il est vrai, la prolifération d'un grand nombre de lenticelles issues de divisions cellulaires actives, mais il serait logique de constater l'action des rayons mitogéniques dans tous les tissus, spécialement dans les tissus cambiaux : il y aurait lieu de prévoir des rayons mitogéniques de plusieurs sortes selon l'origine d'émission, la longueur d'onde; les résultats dépendraient aussi des tissus traversés. D'autre part, l'auteur n'a pas précisé la nature de l'onde porteuse des électrons actifs; il n'a pas cité l'existence d'interférences. Certains tissus forment écran, comme le liège, le tissu chlorophyllien et le substratum; il est bien certain que le développement des méristèmes d'une bouture n'entraîne pas celui des boutures voisines; un simple coup d'œil dans un châssis à reproduction ne révèle aucune excitation inductrice : les boutures qui se développent ne sont pas réparties dans une aire délimitée, mais elles sont situées sans arrangement qui nous aurait permis de supposer une action à distance. L'application de la théorie de Gurwistch ne nous paraît pas possible dans le bouturage.

L'hypothèse d'Haberlandt a trait à une toute autre explication; elle est fondée sur l'existence d'hormones. Il est certain que la formation de racines aux dépens de tissus médullaires s'expliquerait en admettant l'existence d'hormones. Selon la teneur en hormones, les mitoses seraient plus ou moins nombreuses; les tissus cambiaux, ceux qui sont situés au voisinage des vaisseaux, seraient riches en hormones. On expliquerait alors l'indépendance chronologique apparente du développement de la phylle et de celui de la rhize; selon la localisation des hormones, leur concentration, il se produirait tel ou tel méristème. Cette théorie séduisante est restée sans base précise. Les faits observés au cours de cette étude s'expliquent mieux à notre sens par l'hypothèse d'Haberlandt que par celle de Gurwistch. Les hormones pourraient être sous la dépendance de l'acidité cellulaire; on sait que les méristèmes ont un p H voisin du point isoélectrique, mais il est difficile de mesurer le p H des tissus, car on mesure un p H moyen qui n'est ni celui des vacuoles, ni celui du cytoplasme ou du noyau. Si un traumatisme détermine la formation d'hormones, l'hypothèse d'Haberlandt est satisfaisante, car c'est au voisinage des traumatismes que les tissus prolifèrent; c'est au voisinage de la section que les racines prennent naissance dans de nombreux cas.

f) Considérations sur la pratique du bouturage.

Quelles sont les conditions dans lesquelles on doit se placer pour bouturer avec succès les espèces difficiles à propager par ce moyen ? Nous avons vu que le bouturage consiste dans l'isolement de nouvelles phyllorhizes se formant aux dépens d'un tissu intermédiaire. Il est évident que, dans le fragment de la colonie, il sera nécessaire de conserver le bois, puisque les faisceaux de la caule sont soudés. Plus la bouture sera longue, plus le bois intermédiaire sera important et plus la phylle sera éloignée de la rhize. L'idéal serait de se servir d'une bouture de tête ou à un œil, de préférence aux grosses boutures; théoriquement, il n'y a aucune impossibilité de réussir. Pratiquement, les deux tissus servent de réserves, et, après nécrose, d'engrais. Le fait que les vieux tissus ont vis-à-vis de la bouture un rôle physiologique analogue à celui des réserves de l'albumen de la graine indique que, jusqu'à l'enracinement, la bouture absorbe une nourriture spéciale, fournie par le végétal lui-même et qu'il est difficile de remplacer. On est donc conduit à donner une certaine taille minima à la bouture, qui est bassée sur le temps nécessaire à l'enracinement. Le problème ainsi posé, il semble qu'il faille actuellement abandonner le bouturage en grand d'espèces dont l'enracinement est lent au moyen de petits fragments (influence de la masse). L'indépendance des caractères morphologiques, spécifiques, par rapport à la facilité de l'enracinement, nous conduit à penser qu'il doit exister chez une même espèce des races se distinguant uniquement par l'aptitude au bouturage. Ainsi, chez l'*Olivier*, la variété *Chemchali de Gafsa* (Tableau 3, lots 6-15) se reproduit plus facilement par boutures que la variété *Chemchali de Djerba* (lots 16-20), qui lui ressemble beaucoup; la variété *Er-Ragma* (Tableau 2, lots 10-16) paraît être plus avantageuse que la variété *Chaïbi* à ce point de vue. Il existe donc des formes voisines se différenciant par l'aptitude au bouturage. Comme cette propriété semble être héréditaire, il est nécessaire de rechercher ces formes dans chaque espèce. On pourrait faciliter l'enracinement d'une manière indirecte par l'éthérification, le paraffinage de la section supérieure des boutures, etc...; ces moyens de forçage compléteront l'influence du facteur héréditaire.

La préparation de l'arbre en vue du bouturage aurait quelque intérêt. Etant donné que certains végétaux vivant dans les endroits humides se reproduisent rapidement (cas du *Ficus macrophylla* à racines pendantes), il se pourrait que des arrosages fréquents, joints à des fumures abondantes et à l'adjonction d'engrais (nitrate de soude, chlorure de potassium, phosphate d'ammoniaque, etc...) et de sels ferreux (contre la chlorose), influent notablement sur le succès du bouturage d'espèces réputées rebelles à la multiplication. Des essais dans ce sens sont actuellement entrepris.

D'autre part, les hybridations, l'action des radiations seraient à examiner. Il y a là, sans aucun doute, une technique à déterminer.

IV. Résumé

L'observation de l'enracinement de boutures a donné lieu à des constatations nouvelles à certains égards. Au niveau de la section des fragments de *Nerium oleander*, il se forme, respectivement aux dépens de l'écorce interne et du cambium, de la moelle, deux bourrelets de cicatrisation, constitués en majeure partie par des éléments hypertrophiés et hyperplasiés, possédant une assise extérieure subérifiée; un tissu moyen parenchymateux formé de cellules à contours variables, dédifférenciées, et une série d'îlots de cellules vasculaires, dont les ornementations et le rôle de conduction légitiment jusqu'à certain point leur comparaison avec les cellules rayées du bois. Ces cellules peuvent d'autre part se former aux dépens d'un cambium situé à l'intérieur du bourrelet. Le bourrelet du *Pommier* présente certaines particularités qui n'avaient pas été observées chez les auteurs qui nous ont précédé. Chez l'*Olivier*, le bourrelet est constitué par une série de lames de tissus, issues d'une cicatrice circulaire; il recouvre complètement la section.

Certaines racines de *Nerium* prennent naissance aux dépens d'un méristème intra-médullaire, situé au contact du liber interne, ainsi que le démontrent des coupes anatomiques. La circulation de la sève ascendante se fait toujours par l'intermédiaire du bois qui se raccorde avec les cellules conductrices de la jeune racine. Chez la plupart des espèces étudiées, la naissance des feuilles et des racines adventives est conforme à la théorie des phyllorhizes de Chauveaud, qui se trouve confirmée. On assiste, en effet, à la formation de phyllorhizes, qu'il est parfois possible d'isoler au début. La bouture enracinée et feuillue peut être considérée à l'origine comme une nouvelle phyllorhize, détachée de la colonie de la plante pour constituer une autre colonie, représentant la plante adulte. Les faits observés sont en accord avec cette comparaison.

Enfin, dans les cas d'enracinement lent, on constate dans la partie souterraine de la bouture le développement de saillies subérifiées comparables à des lenticelles. Ces formations se développent par multiplication de cellules génératrices, situées à des profondeurs variables de l'écorce, parfois au voisinage de la zone dite péricyclique. Cette étude nous a permis de constater une fois de plus que les tissus désignés par les mots endoderme et péricycle n'ont pas d'individualité réelle, qu'il est souvent impossible de les reconnaître et que, conformément à la théorie de Chauveaud, ils n'ont pas en général la valeur morphologique qui leur avait été attribuée.

Les observations faites sur le comportement des boutures vis-à-vis de certains facteurs nous permettent de souligner l'importance d'une température optima; par contre, l'influence de la pesanteur et du substratum est faible. La position des boutures n'a aucune répercussion sur l'enracinement. Au contraire, la masse de la bouture est un facteur déterminant parfois le succès du bouturage, par suite de l'emploi des réserves des vieux tissus. Les procédés de forçage de

JOHANNSEN (l'éthérification) ont une influence certaine sur le développement des feuilles et une action indirecte et limitée quant au développement des racines. Le procédé des bains chauds de MOLISCH, les piqûres n'ont pas permis l'amélioration des résultats. Les incisions longitudinales paraissent déterminer indirectement la formation de méristèmes phyllogènes ou rhizogènes. Enfin, l'obturation de la partie supérieure des boutures à la paraffine est favorable à la réussite.

Comme l'aptitude au bouturage est indépendante des caractères spécifiques et morphologiques, il y aurait lieu de connaître pour chaque espèce végétale les races aptes au bouturage. Mais la solution du problème pratique peut aussi consister dans la préparation d'arbres, spécialement en vue de la reproduction végétative. Des essais de ce genre sont en cours.

Enfin, les causes de la naissance des racines ne s'expliquent pas d'une manière satisfaisante par l'hypothèse de GURWISTCH, qui garde une valeur théorique. Par contre, les faits observés paraissent être davantage en accord avec la supposition d'HABERLANDT, d'après laquelle les divisions cellulaires seraient déterminées par l'existence d'hormones spéciales.

V. Principales références bibliographiques

AYMARD. — Les anesthésiques et le forçage des plantes, Montpellier 1904.

BURGESTEIN. — Progrès de la technique du forçage des plantes. Progressus rei botanicae, 1911.

CHAUVEAUD. — La constitution des plantes vasculaires. Payot 1921.

Comptes rendus des V^e^ et VI^e^ Congrès Internationaux Oléicoles. Maurice Bendel, Ed^r^.

DAUVERGNE et M^lle^ WEIL. — Sur un procédé de forçage en milieu liquide stérile, C. R. Acad. Sc., 5 novembre 1923.

DEVAUX. — Recherches sur les lenticelles. Ann. des Sciences Naturelles, T. 12, 1900.

GARCIN. — Les Apocyanées, Lyon 1889.

HEEDE (Van den). — L'art de bouturer, 1910.

JOHANNSEN. — Atherfahren beim Frütreiben mit besonderes Berucksichtigung der Fliedertreiberei. Iena 1900.

LAMOUNETTE. — Recherches sur le liber interne.

MAUMÈNE. — Le forçage rationnel des plantes. Le Jardin, p. 375, 1905.

POIRAULT Georges. — Le bouturage d'été. Ass. Franç. Avanc. Sciences, 1913, p. 213.

PRILLEUX. — Sur les formations ligneuses qui se montrent dans la moelle des boutures. Voir. DELACROIX et MAUBLANC : Maladies non parasitaires des plantes, 1927.

PARKINSON S. T. — Un nouveau procédé de forçage. Bull. Inter. Bibl. Rome, juin 1911.

RAVAZ. — Recherches sur le bouturage de la Vigne. C. R. Ac., 2e semestre 1890, p. 426.

SORAUER. — Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Vol. I. Wunden, p. 075, 1921.

SPIRE. — Les Apocyanées, Paris 1905.

STEWART. — Forçage des boutures. Voir Bull. Soc. Hort. Tunisie 15 octobre 1923.

TOURNIÉROUX. — L'Oléiculture en Tunisie — 2e édit., Tunis 1929.

TRECUL A. — Remarques sur l'origine des lenticelles. C. R. Ac. p. 11, 15, 1871.

WALTER T., SWENGLE T., RALPH ROBISON et E. MAY. — Une nouvelle méthode de forçage des agrumes. Circulaire 310. Département Agricult. U. S. A. Washington, mai 1924.

WEBER J. — Un nouveau procédé de forçage. Bull. Inst. Bibl. Rome, juillet 1911.

ÉTUDE SUR LE BOUTURAGE

PLANCHES

PLANÇHE I

FIG. 1. — Coupe d'une jeune tige de *Nerium oleander*.

ep épiderme ; *ex* exoderme ; *ag* assise génératrice subéro-phellodermique ; *ec* phelloderme et écorce externe ; *end* région endodermique ; *fi* fibres péricycliques ; *la* laticifères ; *li* liber ; *c* cambium libéro-ligneux ; *b* bois ; *r* rayons médullaires ; *li* liber interne ; *m* moelle.

FIG. 2. — Bourrelet cortical et bourrelet médullaire de *Nerium* ; formation des racines corticales.

b^1 bois primaire ; b^2 bois secondaire ; *la* laticifère ; *li* liber interne ; *c* cambium ; *v* cellules vasculaires ; *ca* cambium du bourrelet médullaire ; *s* suber ; *l* liège ; *ph* phelloderme ; *p* péricycle ; *rac* racine adulte ; *v* zone vasculaire de la racine à l'origine ; *pd* poche digestive ; *m* méristème radiculaire.

FIG. 3. — Racine d'origine médullaire de *Nerium*.

b bois secondaire ; *m* moelle ; *v* cellules vasculaires ; *s* liège du bourrelet ; *S* suber de la jeune radicelle ; *e* écorce ; *ev* éléments vasculaires non différenciés.

PLANCHE I.

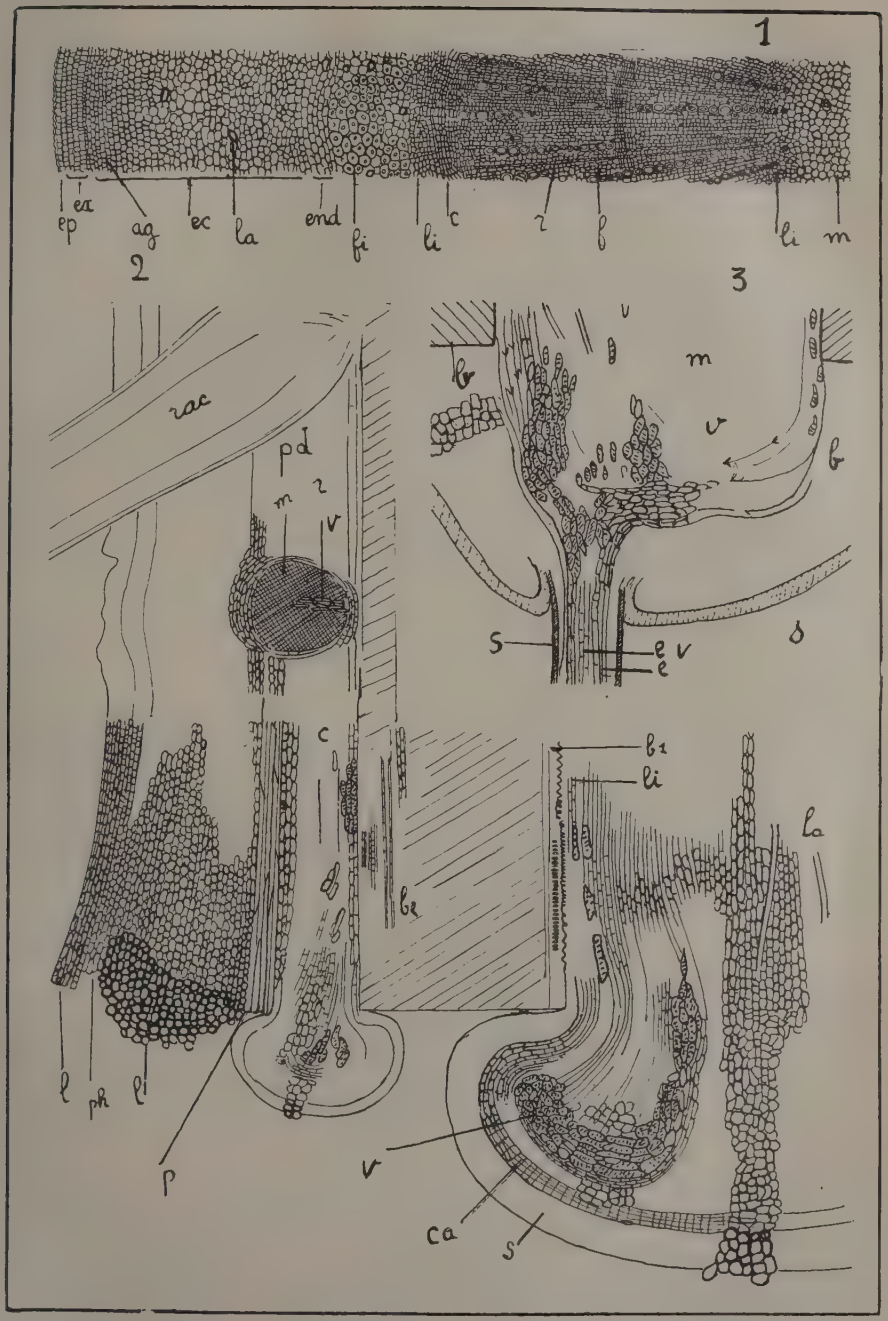

1
ex
ep
ag
ec
la
end
fi
li
c
z
f
li
m
2
3
rac
pd
m
z
v
b
m
v
b
S
e
v
e
δ
c
b2
b1
li
la
l
ph
l
p
v
Ca
S

PLANCHE II

FIG. 1. — Bourrelet cicatriciel de *Pommier*.

l liège ; *ag* assise génératrice subero-phellodermique ; *p* fibres péricycliques ; *li* liber ; *c* cambium libero-ligneux ; *b* bois secondaire ; *lc* liège de cicatrisation ; *cc* cambium de cicatrisation se raccordant à l'assise subero-phellodermique ; *p* cellules parenchymateuses du tissu cicatriciel ; *cv* cambium vasculaire ; *v* cellules vasculaires ; *s* suber.

FIG. 2. — Coupe d'une lenticelle d'*Olivier*.

li cellules de liège de la lenticelle ; *l* liège cortical ; *ag* assise génératrice ; *ph* phelloderme ; *peri* sclérites péricycliques ; *cl* cellules en massif donnant naissance au liège lenticellaire.

FIG. 3. — Croissance de boutures de *Nerium*.

A. — Bouture courte décortiquée à sa partie inférieure ; *bc* bourrelet cortical ; *b* bois mis à nu ; *bm* bourrelet médullaire ; *r* racine adventive.

B. — Bouture plus longue que la précédente ; *b* bourrelet cortical hypertrophié en une tumeur ; *bc* bourrelet cambial ; *bo* bois ; *r* nombreuses racines adventives.

C. — Bouture inversée. Le développement est normal ; *f* feuilles ; *r* racine adventive ; l' lenticelle de la partie immergée.

D. — Bouture décortiquée. *b* bois mis à nu ; *br* bourrelet de l'écorce ; r^1 racine d'origine corticale ; r^2 racine d'origine corticale née après le sectionnement de r^1 à sa base ; r^3 racines d'origine médullaire.

PLANCHE II.

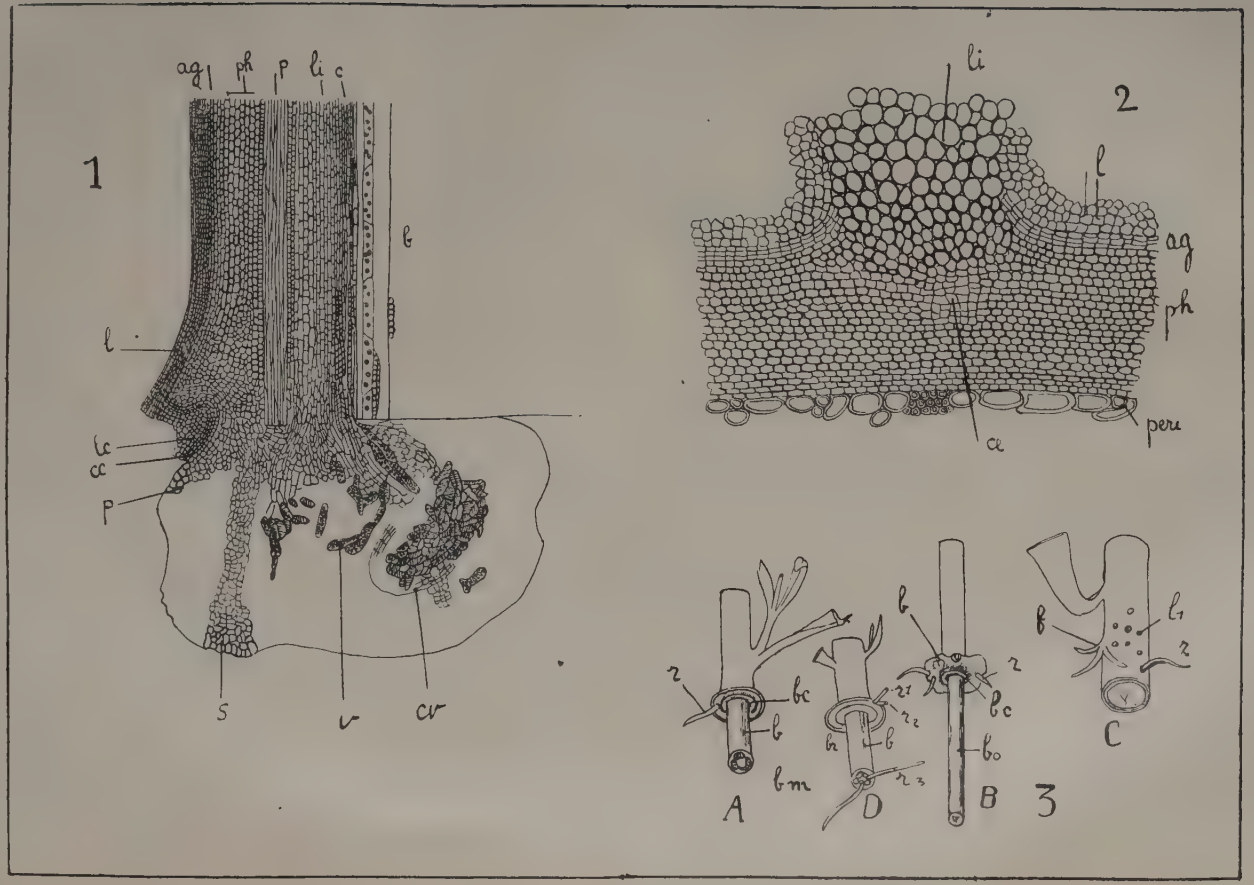

1
ag
ph
p
li
c
b
l
bc
cc
p
s
v
cv
2
li
l
ag
ph
peru
cc
3
r
bc
b
A
b
r1
r2
r3
bm
D
b
bc
bo
B
b
r
b
li
r
C

PLANCHE III

FIG. 1. — Coupe d'une jeune tige d'*Olivier*.

l liège ; *ag* cambium cortical ; *ec* écorce ; *sc* sclérites péricycliques ; *li* liber ; *c* cambium ; *b* bois ; *rm* rayons médullaires ; *f* fibres du bois ; *m* moelle.

FIG. 2. — Coupe d'une tige aoûtée d'*Olivier* avec un bourrelet cicatriciel.

b bois secondaire ; *lc* liège cortical cicatriciel ; *sc* sclérites ; *c* cambium ; *bc* bourrelet cicatriciel ; *cv* cambium vasculaire ; *p* tissu parenchymateux ; *s* suber ; *v* cellules vasculaires.

PLANCHE III.

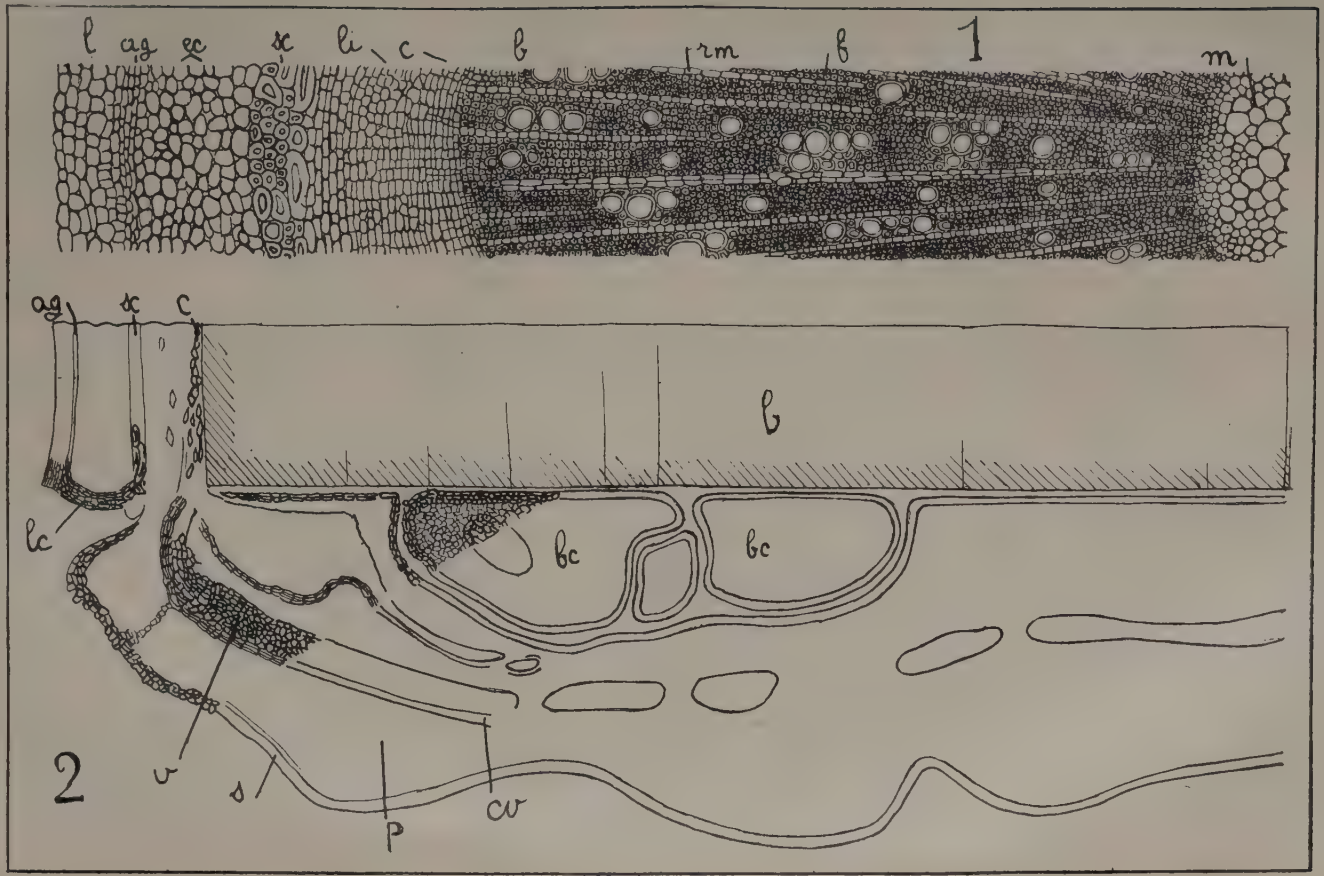


PLANCHE IV

Enracinement de boutures chez différents végétaux

Fig. 1. — Bouture de *Nerium*.

Fig. 2. — Bouture de *Nerium* avec racines médullaires.

Fig. 3 et 4. — Bouture de *Nerium* avec de nombreuses racines.

Fig. 5 et 6. — Racines médullaires et racines corticales.

Fig. 7. — Racine adventive de *Bougainvillea*.

Fig. 8. — Bouture de *Myoporum*.

Fig. 9. — Bouture d'*Epyphyllum truncatum*.

Fig. 10. — Racines adventives de *Tradescantia*.

Fig. 11. — Tige avec racine aérienne de *Monstera deliciosa*.

Fig. 12. — Bouture feuillée de *Hoya carnosa*.

Fig. 13 et 14. — Fragment de tige d'*Opuntia ficus indica* ; *r* racine adventive ; *o* piquant.

Fig. 15. — Bouture de *Bougainvillea*.

Fig. 16. — Bouture de *Myoporum*.

Fig. 17. — Bouture de *Nerium* portant de nombreuses racines.

Fig. 18, 19 et 20. — Fragment de *Mesambrianthemum edule* ; *bc* bourrelet cortical ; *tc* tissu cicatriciel médullaire.

PLANCHE IV.

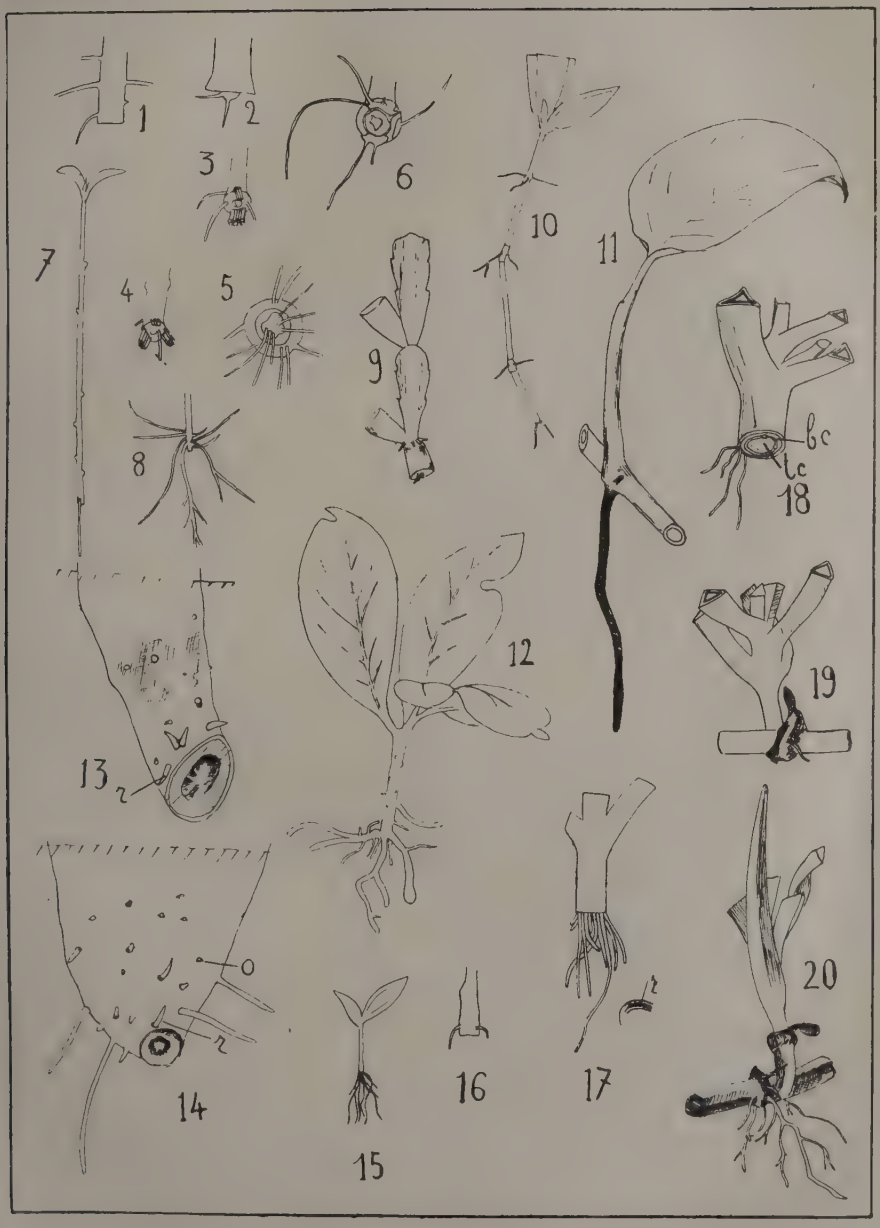


PLANCHE V

FIG. 1. — Bouture d'*Olivier* à un œil ; *n* nœud.

FIG. 2. — Bouture d'*Olivier* portant une incision *i* et une radicelle *r* à sa partie proximale *v* restée vivante, tandis que la partie distale *m* s'est nécrosée.

FIG. 3. — Bouture d'*Olivier* incisée sur une large surface *i*.

FIG. 4. — Bouture d'*Olivier* incisée, ayant une partie distale plus longue, celle-ci est morte *m* sans donner de radicelle.

FIG. 5. — Bouture d'*Olivier* feuillée dont la partie souterraine porte des lenticelles.

FIG. 6. — Eclat d'*Olivier* montrant deux radicelles *r* issues d'un même nœud.

FIG. 7. — Eclat d'*Olivier* montrant qu'une partie seulement *v* (hachurée) est restée vivante.

FIG. 8. — Eclat d'*Olivier* montrant les radicelles *r* formées par les jeunes pousses aériennes.

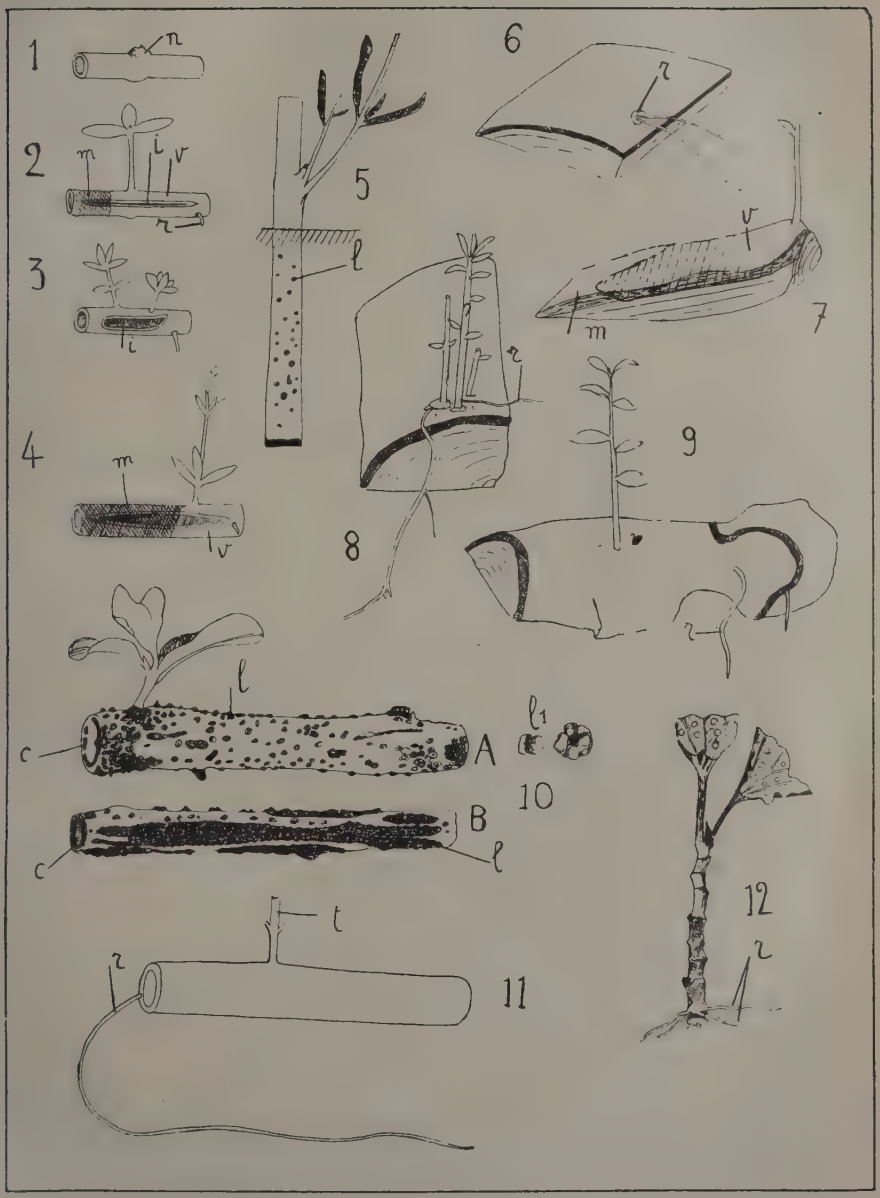
FIG. 9. — Eclat d'*Olivier* dont la racine *r* s'est formée aux dépens de la vieille écorce.

FIG. 10. — A. grosse bouture de *Ceratonia siliqua* ; *c* bourrelet cambial discontinu ; *l* nombreuses lenticelles ; *ls* lenticelles vues à la loupe. B. bouture de *C. siliqua* montrant un système de lenticelles contiguës.

FIG. 11. — Bouture de *C. siliqua* : *t* tige ; *r* unique racine.

FIG. 12. — Bouture de *Pelargonium peltatum* : les radicelles *r* se forment par paires.

PLANCHE V.



ALBERT PETIT

Energie fongicide de certains sels halogénés de cuivre ET DE MERCURE VIS-A-VIS DE LA CARIE DU BLÉ, EN FONCTION DE LA CONCENTRATION

CAS DES SOLUTIONS ET DES MÉLANGES PULVÉRULENTS

Cette Note est destinée à préciser les faits mis en évidence dans des publications antérieures destinées à prendre rang au sujet de l'antériorité; les recherches d'ensemble sur la question seront exposées *in extenso* dès que les essais en cours auront révélé avec certitude les données nouvelles susceptibles d'application pratique presque immédiate.

Dernièrement [1], nous avons attiré l'attention sur l'intérêt que présentent certains sels de cuivre et de mercure, principalement les sels halogénés, en raison de leur grande nocivité vis-à-vis de la spore de la carie du Blé. Nous avons insisté sur le fait que ces composés halogénés se prêtent bien à la préparation et à la fabrication de poudres et de solutions antiseptiques, quoique n'ayant qu'une faible teneur de métal. Nous avons émis l'hypothèse de l'existence possible de relations fréquentes entre certaines propriétés physiques et le pouvoir anticryptogamique des sels de cuivre : on constate, en effet, un certain parallélisme entre l'acidité, la dissociation ionique (sans hydrolyse), la solubilité dans l'eau, l'affinité pour la vapeur d'eau, la faculté de cristalliser et l'intensité du pouvoir toxique. Ces sels ne sont pas les seuls qui possèdent des propriétés antiseptiques,

(1) Citons les notes de 1928 :

ALBERT PETIT : « Résultats d'expériences faites au sujet du traitement de la carie du blé. Avantages de certains sels de cuivre ». *C. R. Acad. Agr. France*, 10 février 1928.

ALBERT PETIT : « Traitement de la carie du blé au moyen de faibles doses de cuivre. Résultat d'une étude systématique ». *Revue Path. Végét.*, octobre 1928.

ALBERT PETIT : « Lutte contre les Ustilaginées des céréales. Traitement des semences, substances à usages multiples, variétés résistantes ». *Ann. du Serv. Botanique*, fasc. I, 1928.

ALBERT PETIT : « Le traitement à sec des semences contre la carie. Efficacité certaine de substances ayant une faible teneur de cuivre ». *La Tunisie Agricole*, novembre 1928.

ALBERT PETIT : Action de certains sels halogénés sur la spore d'une Ustilaginée *Tilletia levis*. *C. R. Soc. Biologie*, 17 décembre 1928, p. 2003.

mais ce sont ceux, d'après les faits que nous avons observés constamment (à de nombreuses reprises), qui permettent en général d'obtenir la stérilisation des semences dans les meilleures conditions. Le chlorure cuivreux, le sulfure de cuivre doivent être rangés dans la catégorie des produits solubles, parce que donnant naissance à des sels solubles se formant à leurs dépens, et qui sont respectivement le chlorure cuivrique bihydraté et le sulfate de cuivre pentahydraté; ces sels cristallisent visiblement dans le substratum qui leur a donné naissance.

Au sujet du mode de représentation graphique des résultats, nous avons dressé deux graphiques. Le graphique 2 est relatif au traitement à sec des semences. Le graphique 1 concerne le traitement des semences par immersion. Dans les deux dessins les abcisses représentent les concentrations centésimales de métal des mélanges ou des solutions, en grammes (graphique 2), en milligrammes (graphique 1). Le rapport numérique des valeurs des abcisses est par conséquent 1/1.000. Les ordonnées se rapportent aux pourcentages d'épis cariés issus de semences contaminées et traitées; elles sont graduées avec la même unité linéaire et numérique. Le nom du composé essayé est désigné sur chaque paire de courbes (1, $\alpha\alpha_1$, $\beta\beta_1$, $\gamma\gamma_1$, a.a. 1). Les courbes d'une même paire se rapportent respectivement aux degrés de contamination des semences 2 et 3 (voir les publications citées). Nous commenterons chaque graphique séparément.

a) Traitement humide des semences avec le mélange chlorure cuivrique-acide chlorhydrique, l'oxycyanure de mercure, le biiodure de mercure

Les propriétés du chlorure cuivrique résultent de la formation d'acide chlorhydrique provenant de la dissociation; il est logique de rechercher si l'addition d'acide a pour conséquence d'augmenter l'efficacité du mélange; l'acide s'étant d'ailleurs montré un antiseptique remarquable. D'autre part, il est intéressant de connaître si le chlorure cuivrique renforcé par l'acide (mélange bon marché) a des propriétés quantitativement voisines de celles des sels de mercure. Les mémoires cités et les autres qui sont antérieurs ont pour conclusion qu'il y a peu de corrélation entre les pourcentages de métal des sels de cuivre et le pouvoir fongicide; nous avons procédé à une vérification relativement au mercure en comparant le biiodure de mercure à l'oxycyanure, lequel contient 50 % plus de métal.

Il existe, sans aucun doute, une énorme supériorité des sels de mercure, particulièrement du biiodure, vis-à-vis du chlorure cuivrique, si l'on se rapporte aux concentrations utilisées.

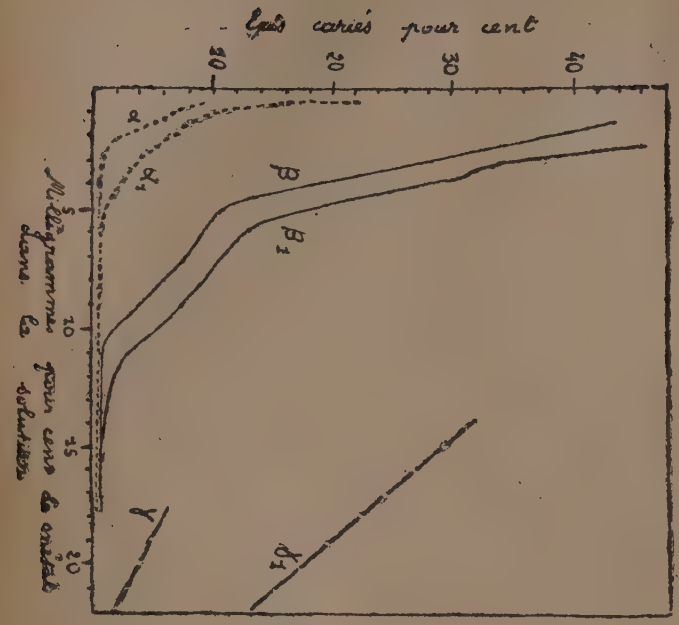
Aux faibles concentrations comme aux fortes concentrations, le rapport toxicité-concentration est représenté par une ligne sensiblement droite, parallèle aux ordonnées pour les faibles concentrations, puis aux abcisses pour les fortes concentrations; seule, la portion

intermédiaire est une courbe. On peut d'ailleurs répéter la même remarque au sujet du graphique relatif aux poudres. Le biiodure de mercure est bien plus énergique que l'oxycyanure. La première portion gauche de ces courbes correspond, sans doute, à une trop grande disproportion entre la quantité de l'antiseptique et la masse des parasites, les spores. On peut affirmer qu'avec 5 milligrammes de mercure sous la forme biiodure, on peut fixer au moins 10 grammes de spores de carie. L'énergie antiseptique des trois solutions variant d'une manière déterminée en fonction de la concentration, il est possible d'indiquer quelques chiffres intéressant les trois portions de chaque courbe; extrémités et partie intermédiaire. On constate d'abord un minimum de masse utile, un seuil en deçà duquel (0,5 milligramme %) le composé n'a plus aucun effet. Si l'on prolongeait la courbe par extrapolation, on constaterait vraisemblablement une excitation du parasite. Il suffit donc de très peu de métal pour tuer la majeure partie des spores; mais, pour les détruire toutes, il est indispensable d'utiliser une masse croissante de sel.

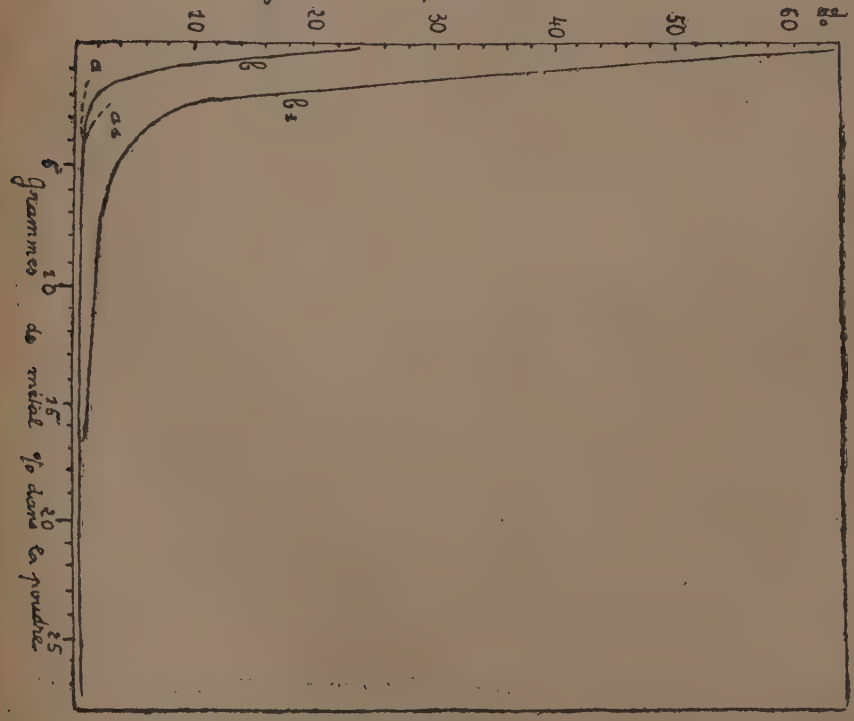
L'absence de discontinuité de l'effet antiseptique indique que certaines spores ne sont pas tuées, soit qu'elles ne soient pas atteintes, soit qu'elles soient plus résistantes.

Il est donc nécessaire d'employer une concentration maxima destinée à fixer la plupart des germes dont la vitalité n'est pas amoindrie par des concentrations inférieures à 2 milligrammes % de mercure sous la forme biiodure et de 10 milligrammes sous la forme oxycyanure. L'examen de la portion intermédiaire des courbes concernant ces deux sels montre que les chances d'infection diminuent d'une manière directe avec la concentration. On peut aussi conclure avec certitude que le nombre de spores vivantes est à peu près négligeable après une immersion de 10 minutes dans une solution contenant 3 milligrammes % de biiodure de mercure et 11 milligrammes d'oxycyanure. Enfin, la troisième partie des courbes qui est parallèle aux abcisses permet de constater que les résultats sont sensiblement constants quelle que soit la concentration du solvant en élément toxique.

On peut faire une remarque d'ordre pratique : si les degrés de contamination influent faiblement vis-à-vis des deux premières sortes de concentrations, les courbes de chaque paire étant peu éloignées l'une de l'autre, la concentration maxima qu'il est nécessaire d'atteindre pour une désinfection complète des semences est très différente selon le degré de contamination. On est donc fatalement amené dans la pratique à prévoir, dans un but de sécurité, deux solutions convenant respectivement au deux degrés de souillure des grains. Les différences de concentrations usuelles varient selon la nature des composés employés, et l'écart ou le décalage des courbes d'une même paire, par rapport aux abcisses, est uniquement proportionnel à l'efficacité de chaque composé. La surface du graphique séparant les courbes relatives au biiodure est moins importante que celle qui se voit dans le cas de l'oxycyanure. Il faut donc déterminer pour chaque substance la valeur exacte des concentrations minima et



Graphique 1



Graphique 2

Graphique 1. — Traitement des grains par des solutions cuivriques et mercuriques.

α Semences cariées au degré 2, traitées par une solution d'iodure mercurique.

α_1 Semences cariées au degré 3. Même traitement.

β Semences cariées au degré 2, agitées dans une solution d'oxycyanure de mercure.

β_1 Semences cariées au dégré 3. Même traitement.

γ Semences contaminées au degré 2, puis immergées dans une solution de bichlorure de cuivre et d'acide chlorhydrique.

γ_1 Semences contaminées au degré 3. Même traitement.

Graphique 2. — Traitement des grains par les poudres contenant des proportions variables de chlorure cuivrique.

a. Semences contaminées au degré 2, puis traitées par un mélange contenant du bichlorure de cuivre auquel on a ajouté 20 % de bichlorure de mercure.

a^1. Semences contaminées au degré 3 traitées de la même manière qu'en *a.*

b. Semences contaminées au degré 2 traitées avec un mélange contenant du bichlorure de cuivre.

b^1. Semences cariées au degré 3. Même traitement qu'en *b.*

maxima. On remarquera que les résultats du graphique ne sont pas exprimés en coefficients d'efficacité; ce mode de représentation n'est particulièrement avantageux que si l'on désire comparer les résultats numériques de plusieurs années, ce qui n'est pas le cas. Les écarts sont mentionnés dans le tableau suivant :

TABLEAU I.

Equivalence en milligrammes % du mercure sous les formes biiodure et oxycyanure et du bichlorure de cuivre

	MERCURE				CUIVRE BICHLORURE	
	BIIODURE : Degrés de contamination		OXYCYANURE : Degrés de contamination		Degrés de contamination	
	2	3	2	3	2	3
Concentration minima au dessous de laquelle on n'observe aucun effet de désinfection.....	0.5	0.5	1.5	2.5	10	12
Concentration nécessaire pour tuer la majeure partie des spores.....	1	1	5	7	18	22
Concentration nécessaire pour tuer toutes les spores.....	3	6	12	16	75	185

Ces chiffres montrent clairement que la forme chimique est le facteur le plus important déterminant la toxicité du sel. Les deux éléments iode et mercure Hg $(O\ H)^2$ sont séparément des antiseptiques; or, nous savons que l'union de deux éléments toxiques n'a pas forcément comme conséquence la formation d'un composé dont la toxicité est plus accentuée que celle de chacun d'eux. L'action puissante du biodure de mercure s'explique vraisemblablement non par la présence de l'iode (les oxydants sont peu énergiques), mais vraisemblablement par la dissociation partielle du biiodure en acide iodhydrique qui est étudié cette année. Dans une note ultérieure, nous exposerons le comportement de l'acide iodhydrique seul ou associé au biiodure de mercure, ce sel étant très soluble dans l'acide étendu d'eau.

L'activité moindre de l'oxycyanure peut s'expliquer si l'on consi-

dère que l'oxyde de mercure, le cyanure de mercure, l'oxyde et le cyanure de cuivre sont séparément peu énergiques.

Une autre considération dérive de l'allure de ces courbes. Les concentrations extrêmes minima et maxima du biiodure de mercure, utilisées pour les semences cariées au degré 2, varient de 1 et 6; de 1 et 8 pour l'oxycyanure, et de 1 à 7,5 pour le bichlorure de cuivre.

Pour le degré 3, ces mêmes concentrations sont dans le rapport de 1 à 6 pour le biiodure, de 1 à 10 pour l'oxycyanure et de 1 à 15 pour le cuivre. Les chiffres de la première série sont sensiblement le double de chacun de ceux de la dernière; on peut en tirer la règle empirique suivante : *Les solutions destinées au traitement des semences salies au degré* 3 (*4 gr. de spores par kilogr.*) *doivent avoir une concentration double de celles utilisées pour les semences contaminées au degré* 1 (*1 gr. de spores par kg*). Nous retrouvons, pour les sels de mercure, la même indication qui a été constatée au sujet des sels de cuivre, particulièrement pour le sulfate; *la concentration et l'effet toxique des sels de mercure sont dans un rapport géométrique.*

On voit qu'en moyenne, une partie de mercure métal sous la forme biiodure équivaut environ à 5 parties de mercure sous la forme oxycyanure et à 25 parties de cuivre sous la forme bichlorure. Comme le sublimé est deux fois moins actif que le biiodure, pour obtenir le même effet, il faut deux fois le poids de sels et que, d'autre part, le biiodure contenant moins de métal que le bichlorure, on peut supposer (par cette méthode indirecte) que l'acide iodhydrique est plus actif que l'acide chlorhydrique.

b) **Traitement à sec des semences par le bichlorure de cuivre associé ou non au bichlorure de mercure, en utilisant comme substratum le talc blanc** (graphique 2)

Ces essais ont été réalisés dans le but de savoir si la substitution partielle du mercure au cuivre est avantageuse en raison de la toxicité très grande du chlorure mercurique, c'est-à-dire si l'efficacité du mélange est plus accentuée que celle de chacun des sels. Les mémoires cités montrent qu'il existe parfois une corrélation entre les pourcentages de métal des différents sels homologues d'un mélange et l'action stérilisante.

Le bichlorure de cuivre ($Cu\ Cl^2.\ 2\ H^2O$) n'a été mélangé au talc que jusqu'à la proportion de 50 %, concentration au-dessus de laquelle il est presque impossible de sécher la poudre à l'air libre ou à l'étuve à dessiccation réglée à 40°.

Les courbes représentant le comportement du mélange talc-bichlorure de cuivre présentent la même allure (b b 1), puisque celles-ci sont sensiblement parallèles.

L'effet toxique commence à la dose de 1 gramme % de cuivre métal dans les deux cas. La majeure partie des spores sont tuées avec 2 % de cuivre (degré 2) et 3 % (degré 3). Pour stériliser complè-

tement les grains, il faut se servir d'une poudre contenant 4-5 % de cuivre (degré 2) et 18 % (degré 3); en pratique, on obtient des résultats suffisants avec 8-10 %; une stérilisation absolue ne s'impose pas. Les écarts de concentration sont comme 1 et 2 pour le degré 2, et 1 et 9 pour le degré 3; en pratique 1 et 4. On retrouve les mêmes proportions qui ont été indiquées pour les solutions : l'effet toxique est en fonction géométrique de la concentration, avec cette différence que les écarts relatifs des concentrations sont moins prononcés que pour les solutions; avec cette réserve, on peut dire que les courbes ressemblent à celles des solutions aqueuses renfermant les mêmes composés.

Mais on ne peut pas déduire, généraliser la même règle pour tous les composés : ainsi, l'iodure mercurique, employé à sec, dans les mêmes conditions que le bichlorure de cuivre, n'est pas 25 fois plus actif que ce dernier, car l'iodure mercurique est très peu soluble dans l'eau, alors que le bichlorure de cuivre l'est presque dans son poids d'eau; il n'en serait pas ainsi s'il s'agissait d'une simple action de contact, cas où n'intervient pas apparemment l'influence de la solubilité.

Les indications tirées des essais en cours conduisent à penser que l'iodure mercurique, employé à sec, n'a qu'une intensité maxima d'antiseptie de 5 à 10 fois supérieure à celle du bichlorure de cuivre. Le mélange solide d'iodure mercurique a une proportion centésimale mille fois celle d'une solution aqueuse ayant la même efficacité, alors que pour le bichlorure de cuivre, la poudre préparée avec ce composé ne contient que 50 fois plus de cuivre que la solution chlorocuprique ayant les mêmes propriétés.

Alors que pour les solutions et certaines pseudo-solutions, la question de solubilité apparaît moins importante, dans les essais isolés, le facteur solubilité intervient d'une manière capitale dans le cas des mélanges pulvérulents; c'est là une différence essentielle entre les produits pulvérulents (notamment ceux qui contiennent une fraction inerte) et les mélanges en solution. D'ailleurs, les sels de cuivre insolubles ne sauraient généralement être employés à la fabrication de poudres actives ayant une faible teneur métallique. Au contraire, le mélange de sels solubles, autant que possible stables, chimiquement homologues, non décomposables par l'eau, peut donner des résultats qu'il eût été impossible d'obtenir avec chacun d'entre eux dans les mêmes conditions. Ainsi, en associant le chlorure cuivrique au chlorure mercurique, on assiste à un effet anticryptogamique des plus intéressants (courbes a a 1).

Si, à 1 gr. de cuivre à l'état de bichlorure, on ajoute 0,14 gr. de mercure à l'état de bichlorure, on prépare une poudre contenant 4 % de cuivre et 0,5 % de mercure pouvant servir à tous les besoins; de même un mélange de talc-bichlorure de mercure-bichlorure de cuivre renfermant 2,5 % gr. de cuivre et 0,35 gr. % de mercure métal convient parfaitement au poudrage des semences infestées au degré 2, ce qui est le cas général. Les écarts de proportions (suivant

les degrés d'infection) sont de 1 à 4 pour le cuivre et le mercure en ce qui concerne le degré 2, et de 2 pour le degré 3. Le fait de mélanger les deux bichlorures a pour conséquence de restreindre considérablement les proportions de métaux nécessaires pour obtenir un effet intégral. Pratiquement, tant pour les mélanges pulvérulents que pour les solutions ne contenant qu'un métal, il est nécessaire d'employer plusieurs milieux de titres différents, adoptés, l'un pour le traitement des semences peu cariées (degré 2), l'autre pour celui des semences très salies, tandis que si l'on se sert du mélange de bichlorure de cuivre et de sublimé corrosif, une poudre de composition unique convient dans tous les cas et peut contenir 4 % de cuivre et 0,6 % de mercure. En utilisant seulement le chlorure cuivrique, les essais récents confirment les données antérieures. Pour stériliser les semences contenant 1, 5, 20 gr. de spores de carie par kg., soit 100 gr., 500 gr., 2.000 gr. par quintal (degré 1, 1/1000 de spores; degré 3, 5/1000; degré 4, 2 % de spores) il suffit de les traiter par des poudres contenant respectivement, selon les cas, 5 gr. 8 % de cuivre métal, 11 gr. 6 %, et 17 gr. 4 % de cuivre métal à l'état de bichlorure bihydraté $Cu\,Cl^2\,2\,aq$.

En Tunisie, les semences de blé des colons contiennent généralement très peu de spores par suite du traitement annuel, qu'ils considèrent, à juste titre, comme obligatoire. Si l'on compare les méthodes à sec et les méthodes humides, on voit que les concentrations en cuivre ou en mercure des solutions sont bien inférieures à celles des mélanges à sec, mais les quantités de sels employés sont assez grandes pour les solutions, car les volumes ou les poids de mélanges employés sont considérables. Quoique certaines solutions contiennent 100 fois moins de métal que les mélanges pulvérulents, on n'a pas intérêt à procéder par voie humide. Ainsi, on dépense environ 100 litres d'une solution contenant 185 milligrammes de cuivre % alors que l'on fait usage de 250 gr. de poudre par quintal. Un hectolitre de solution sert au traitement de 2 à 4 quintaux cariés environ. D'où une dépense de 46 gr. à 185 gr. de cuivre; or, le traitement avec un mélange à sec à base de chlorure cuivrique qui présente les mêmes garanties oblige à utiliser 29 gr. de cuivre par quintal (degré 3), d'où économie de 50 % environ. On obtient les mêmes proportions pour le degré 2. Mais cet avantage n'est pas réalisable pour tous les sels de cuivre.

La question du coût de l'iodure mercurique n'intervient pas dans le même sens, car ce composé est d'environ dix fois plus cher que le bichlorure de cuivre. Un mélange pulvérulent actif, à base de biodure, en contient au minimum 5 %. On dépense donc 12,5 gr. de biodure par la méthode à sec et 6 gr. environ par la méthode humide. L'avantage de la méthode humide est tout théorique, car le prix de la main-d'œuvre intervient. Au point de vue du coût, l'avantage des sels de cuivre est certain, c'est l'évidence même.

La récupération des poudres cupriques n'est guère possible avec les appareils spéciaux, contrairement à ce que nous avions pensé,

car les machines à traiter les semences obligent à employer au minimum 200 gr.; on doit donc s'en tenir à la dose classique de 250 gr. par quintal.

La dépense en cuivre n'est pas toujours en rapport avec la concentration utilisée (certains sels de cuivre peu actifs coûtent cher). L'emploi des mélanges est certainement appelé à prendre un grand développement en Pathologie végétale, d'autant plus que l'étude des sels de cuivre est commencée. Jusqu'à présent, on s'était contenté d'essayer quelques produits commerciaux à base de carbonate, acétates et oxychlorure de cuivre, sans chercher à expérimenter d'une manière systématique les relations existant entre la toxicité, la forme chimique dans laquelle le métal entre en combinaison, et les propriétés physiques.

D'autres facteurs semblent intervenir d'une manière caractéristique; l'adjonction de substances pouvant modifier l'avidité du mélange pour l'eau et la vapeur d'eau; le procédé de fabrication (rôle des impuretés); facteurs sur lesquels nous reviendrons.

Ajoutons que la présence de chlorure cuivreux $Cu^2\ Cl^2$ ne nuit pas à l'activité du chlorure cuivrique, ce dernier en dissolvant une notable proportion; il reste sur le grain une réserve de chlorure cuivreux qui se transforme en sel soluble.

Si nous *résumons* ces commentaires tirés de l'étude de l'action continue de quelques antiseptiques sur la spore de carie, nous citerons tout d'abord le caractère de nouveauté de ces courbes; *les mélanges à base de chlorure cuivrique n'avaient pas encore été utilisés dans ce but;* l'effet de solutions d'iodure mercurique, de concentrations variées, de chlorure cuivrique, montre l'analogie existant avec les mélanges pulvérulents qui doivent être considérés à ce point de vue comme des solutions solides. L'effet toxique n'est pas, dans les deux cas, proportionnel à la concentration centésimale du poison. Il existe une concentration définie pour laquelle il y a destruction complète de la vitalité du parasite, concentration qu'il est inutile de dépasser, et qui est de 3 milligrammes et 6 milligrammes % de mercure sous la forme biiodure, selon les deux degrés courants de contamination, de 12 et 16 milligrammes de mercure sous la forme oxycyanure, de 75 et 185 milligrammes de cuivre sous la forme bichlorure, si l'on se place dans les conditions de la méthode d'immersion. Si l'on emploie les poudres, il suffit que celles-ci contiennent 5,8 %, 11,6 %, 17,4 % de cuivre sous la forme bichlorure selon que les semences sont cariées respectivement aux degrés 2, 3, 4; ces poudres contiennent donc 15 gr. 1 de chlorure cuivrique, 30 gr. 2 et 45 gr. 3 %. Il suffit d'ajouter à 100 grammes de talc ou de poudre inerte 17 gr. 78 de chlorure cuivrique, 44 gr. 54 et 78 gr. 5; en chiffres ronds : 18 gr., 45 gr. et 80 grammes.

Une poudre, contenant 4 grammes de cuivre pour %, a été expérimentée en grand durant deux années. En dernier lieu, 13 quintaux de semences de blé tendre ont été traités dans les conditions de grande culture, avec un *succès entier, sans carie à la récolte.* La poudre à

5,8 % de cuivre peut à la rigueur servir au traitement des semences en général, car les doses indiquées sont bien supérieures à celles qui sont nécessaires aux cas se présentant en pratique. Le premier chiffre (5,8 % de cuivre) peut être pris pour base dans la fabrication en grand. Les poudres à base de chlorure cuivrique ont en outre l'avantage de ne pas causer l'engorgement des distributeurs des semoirs, et d'être moins irritantes pour l'ouvrier que les autres poudres, par suite de leur état hydroscopique qui restreint la diffusion des particules pulvérulentes dans l'air.

Après addition de bichlorure de mercure, les doses précédemment indiquées pour les trois degrés de contamination peuvent être ramenées à 2,5 % de Cu et 0,35 % de Hg; 5 % de cuivre et 0,70 % de mercure. Enfin, l'étude des concentrations extrêmes, l'allure géométrique des phénomènes nous a conduit à établir la règle générale suivante : les doses ou les concentrations en éléments toxiques utilisées pour les semences cariées au degré 3 doivent être doubles de celles employées au traitement des grains peu cariés, aussi bien pour les solutions aqueuses que pour les mélanges pulvérulents.

L'emploi des mélanges cupriques pulvérulents, bien qu'ayant une plus forte concentration centésimale que les solutions, reviennent meilleur marché que ces dernières, en dehors des questions de main-d'œuvre. *Les poudrages doivent être seuls employés dans le traitement de la carie.*

Le comportement de certains sels de mercure montre que le pouvoir anticryptogamique n'est pas en rapport avec la proportion centésimale de métal mais avec la nature du radical salin.

Les poudres actives contenant de très faibles proportions de cuivre pour cent, par conséquent qui doivent être bon marché, peuvent être constituées, d'après les recherches actuelles, si l'on emploie uniquement des sels de cuivre, *par des mélanges d'une corps inerte et de chlorure cuivrique, parce que la plupart des autres sels, en particulier l'acétate neutre et le carbonate, l'oxychlorure*, etc., *ne permettent pas d'une manière certaine de préparer des mélanges capables de produire des effets satisfaisants dans les mêmes conditions, voire avec des taux de cuivre bien supérieurs à ceux utilisés avec le chlorure cuivrique.*

Enfin, l'effet antiseptique des sels de mercure, comme celui des sels de cuivre, n'est pas proportionnel à leur concentration, mais en rapport géométrique avec cette dernière. D'autre part, la grande différence 1 à 1.000 entre les concentrations d'iodure mercurique (sel peu soluble dans l'eau), qu'il est nécessaire d'atteindre lorsqu'on se sert de solutions, et celles des mélanges pulvéculents, est un fait nous autorisant de supposer que l'activité cryptogamique dépend partiellement de la solubilité.

Il y aurait donc un parallélisme entre les propriétés fongicides et les propriétés physiques et la nature des radicaux, aussi bien pour les sels de mercure que pour les sels de cuivre. Cette hypothèse, basée à plusieurs reprises sur des constatations indubitables, sera

examinée prochainement, en envisageant aussi le cas des sels d'argent, les sels de plomb ou de fer se prêtant peu à ces comparaisons parce qu'étant peu toxiques.

***

Nous avons établi récemment une liste de produits expérimentés dans des circonstances météorologiques différentes au moment des semailles et de la germination. D'ailleurs, les résultats restent semblables d'une année à l'autre, qu'il s'agisse de semences cariées avec *Tilletia levis* ou *Tilletia tritici*.

Les poudres peuvent être classées en plusieurs catégories, selon leur toxicité :

1° Composés efficaces, permettant le traitement de grains cariés au degré 4, à la dose de 250 gr. par quintal :

Chlorure cuivreux (63 % de cuivre); arsenite (34 % de cuivre); monochloracétate;

2° Composés, ne pouvant pas s'employer à l'état pur à cause de leur état hydroscopique, mais pouvant être mélangés avec un corps inerte, le talc, et présentant les mêmes propriétés que ceux de la catégorie précédente. Ces mélanges contiennent en chiffres ronds :

45 % de chlorure cuivrique (15 % de cuivre, en réalité 16,1),
25 % de nitrate cuivrique (5,2 % de métal environ),
25 % de bromure cuivrique (6,5 % de cuivre),
20 % de fluosilicate (4 % de cuivre);

3° Composé, employé à l'état pur, servant au traitement des semences cariées au degré 3 :

Sulfate de cuivre anhydre (39 % de cuivre);

4° Composés, employés en mélange avec une poudre inerte, qui sont destinés au traitement des semences contaminées au degré 3. Ces mélanges contiennent respectivement :

30,2 % de chlorure cuivrique (10 % de cuivre; 11,1 exactement),
23 % de bromure cuivrique (5,9 % de cuivre),
23 % de nitrate cuivrique (4,8 % de métal),
20 % de fluosilicate (4 % de cuivre);

5° Composés, employés à l'état pur, n'ayant une efficacité certaine que pour les semences de blé cariées au degré 2 (1 gr. de spores par kg.) :

Arséniate, oxychlorure, acétate neutre, bromure cuivreux, iodure cuivreux, oxalate, citrate, carbonate.

6° Composés, qui sont employés avec succès, comme tous ceux des catégories précédentes, en mélange avec un corps inerte, pour le poudrage des semences cariées au degré 2 (*c'est le cas général*); les quatre mélanges essayés contiennent respectivement :

15 % de chlorure cuivrique (5 % de cuivre, en réalité 5,7 %),
15 % de nitrate cuivique (3,2 % de cuivre),
15 % de fluosilicate (3 % de cuivre),
10 % de bromure cuivrique (2,6 % de cuivre);

7° Composés, employés à l'état pur, n'ayant pas d'efficacité pour les semences cariées au degré 2, ou n'ayant qu'une efficacité irrégulière :

Sulfocyanate, sulfocyanure, sulfophénate, sulfures, oxydes, phosphate, phosphure, silicate, cyanure, formiate, dichloracétate, borate, tartrate, chromate;

8° Composés qui sont employés en mélange en raison de leurs propriétés hydroscopiques et qui n'ont pas donné de résultats satisfaisants pour le traitement des semences contaminées au degré 2. Ces mélanges contiennent :

20 % de trichloracétate de cuivre (2,3 % de cuivre),
13 % de chlorate (3,2 % de métal),
30 % de monobromacétate,
25 % d'oléate.

Comme nous le supposions au début de ce mémoire, nous sommes d'avis que la majeure partie des sels d'efficacité très grande pour tous les degrés de contamination, permettant l'emploi de faibles doses de cuivre %, sont *très solubles dans l'eau*, (1) d'une manière presque instantanée (chlorure cuivrique 40 % au moins, nitrate 50 %; le fluosilicate et le bromure se liquéfient au contact de l'air).

La majeure partie des sels les plus efficaces sont les sels halogénés, et nous soulignons le très grand intérêt qu'ils présentent, alors que les sels d'acides organiques, c'est-à-dire peu ionisables, sont peu actifs en général.

Au-dessous de 2,6 % de cuivre, l'activité des sels les plus toxiques disparaît.

Les sels halogénés actifs sont ceux où le cuivre est bivalent ou ceux donnant naissance à des produits où le cuivre est bivalent; l'activité étant sensiblement proportionnelle au poids atomique de l'halogène, soit par ordre décroissant : fluosilicate, bromure cuivrique, chlorure cuivrique.

On peut donc affirmer que l'activité anticryptogamique n'a pas de rapport de proportionnalité avec le pourcentage de cuivre combiné.

---

(1) Un facteur, influençant la toxicité des sels de cuivre, est la solubilité dans la méthylamine, substance existant dans les grains cariés. Ainsi, le chlorure cuivrique est très soluble dans la méthylamine (30 % de son poids), alors que le carbonate de cuivre, bien moins actif que le bichlorure, est peu soluble dans ce composé aminé. Ce dernier fait a été constaté ultérieurement (voir p. 70). Il est donc nécessaire d'utiliser, dans les expériences de contamination, toute la poudre provenant de grains cariés finement écrasés (spores et reliquat du grain parasité), et de se placer dans les conditions de la pratique, conditions qui sont aussi celles de la contamination naturelle.

En conséquence, lorsqu'on a affaire à des semences propres ou peu cariées, cas qui se généralise (la carie disparaît par l'emploi de traitement à sec : cette constatation est unanime), les mélanges de la 6e catégorie sont à recommander en raison de leur faible teneur de cuivre.

Ariana, août 1929.

***

La supposition d'après laquelle les sels de cuivre agiraient sur la spore de carie surtout parce qu'ils sont solubles est fondée.

En effet, le carbonate de cuivre est rigoureusement insoluble dans l'eau distillée ou doit être considéré comme tel : c'est le type des sels de cuivre que l'on cite en exemple pour son insolubilité dans l'eau distillée, au point de vue pratique. Après dix, quinze jours, une émulsion de carbonate de cuivre à 20 %, filtrée, ne contient aucune trace de cuivre décelable au ferrocyanure de potassium, réactif très sensible. On filtre au moyen du papier-filtre comprimé; de cette manière, le précipité ne passe pas dans la solution. Mais si, au mélange carbonate de cuivre-eau, on ajoute une égale quantité de grains cariés [1] écrasés (20 %), on constate, après quinze jours, *que le filtrat, recueilli dans les mêmes conditions que précédemment, est d'une couleur bleue très nette*. Ceci démontre que les comportements des sels de cuivre, respectivement *in vivo* et *in vitro*, sont radicalement différents. Le filtrat cuprique, issu du carbonate, contient une certaine quantité de méthylamine; le cuivre contenu n'est pas précipité en présence du carbonate de soude, de la soude ou de l'ammoniaque. On obtient une coloration rouge très nette avec le ferrocyanure de potassium.

Le cuivre est dissous à la faveur de la présence de la méthylamine existant en quantité notable dans les grains cariés.

La dissolution du cuivre est d'ailleurs immédiate si l'on ajoute de la monométhylamine synthétique à une émulsion de carbonate de cuivre.

La proportion de cuivre solubilisé dans l'un et l'autre cas est certainement suffisante pour empêcher la plupart des spores de carie de germer; ce fait a été observé.

Ariana, Avril 1930.

(1) Dans des essais, les grains cariés et traités contiennent en poids autant de carbonate de cuivre que de carie.

Albert PETIT

Essais de Stérilisation partielle d'un Sol constamment humide

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES OBTENUS AVEC LE BLÉ TENDRE

Le problème de la stérilisation du sol est très complexe, au point de vue économique comme au point de vue des recherches. Si les frais de traitement et de culture sont largement compensés par la récolte, en arboriculture, en culture maraîchère, il n'en est pas toujours de même en culture extensive. La stérilisation du sol a d'autre part certains rapports avec divers moyens de défense contre les parasites invertébrés (Vers, Insectes), la destruction des mauvaises herbes, la question de la carence (vitamines du sol).

La stérilisation du sol n'est autre chose que le maintien d'un état de propreté du sol, en profondeur et en surface, par rapport à une culture déterminée.

Il n'est pas possible actuellement de voir dans quel sens le problème évoluera, les essais n'ayant été poursuivis qu'en appliquant un nombre restreint de procédés, qui furent surtout employés dans la culture intensive. Il importe donc de délimiter le champ d'action dans lequel nous nous proposons de travailler. La destruction des Insectes est du domaine de la Zoologie, de même la lutte contre les Vers. La destruction des mauvaises herbes et de leurs graines est pratiquement réalisée, dans une certaine mesure, par des façons culturales, par des procédés chimiques (acide sulfurique, chlorates, sylvinite, chlorure de sodium, etc..., etc...). La stérilisation du sol sera donc l'étude du comportement de la plante cultivée, de la microfaune, de la microflore du sol par rapport aux antiseptiques. Il est d'ailleurs possible que les procédés de stérilisation partielle du sol se concilient avec la lutte contre les Vers de terre, la destruction des mauvaises herbes (traitements polyvalents).

Certains essais concernant la transmission des germes d'*Urédinées* avaient montré que la terre stérilisée à l'étuve possédait une fertilité accrue. Comme il est facile de se placer dans les mêmes conditions en utilisant la chaleur sèche comme moyen de désinfection, nous avons pris comme unité le poids de récolte provenant de lots de terre désinfectée par ce moyen. Une température de 55° suffit pour tuer la plupart des Protozoaires et un certain nombre de Bactéries asporées. Pour obtenir des effets comparables, il est préférable de stéri-

liser le sol à sec; il est en effet difficile de stériliser complètement des quantités de terre de l'ordre de plusieurs dizaines de kgs; les ensemencements sur gélose montrent que la terre longtemps desséchée n'est pas complètement stérile.

Le lot de terre, stérilisé par la chaleur, est mis à l'étuve à dessiccation réglée à 110° pendant quarante-huit heures, par fractions de 3-4 kgs, puis il est porté au stérilisateur électrique à 180° pendant trois heures. On distribue la terre dans des pots à raison de 1.500 grammes de terre par pot. Cette quantité est calculée de manière à ce que les lots de terre non desséchée renferment la même quantité de terre supposée privée d'eau. Il faut donc déterminer préalablement le taux d'humidité du sol. Chaque pot, contenant de la terre stérilisée à peu près complètement, a été désinfecté par une solution de formol à 5 %.

Nous avons également observé que l'addition de nitrate cuivrique, effectuée pour d'autres fins, déterminait parfois l'apparition d'un feuillage exubérant; c'est la raison pour laquelle nous avons pensé que l'essai des sels de cuivre bon marché devait être entrepris. Les plantes en pots supportent d'ailleurs des doses énormes de cuivre sans se flétrir. Nous donnons ci-après, dans le Tableau I, les résultats se rapportant à l'année agricole 1926-27, chacun d'eux étant la moyenne de la récolte de vingt pots.

Ces résultats concernent le blé tendre *Mahon*, dont la végétation est normale, ainsi qu'en témoigne la figure 1; ils peuvent être donc considérés comme comparables entre eux. Les chiffres des poids frais (voir Tableau I) ne sont pas proportionnels à ceux des poids secs, des lots desséchés à l'étuve à 110° pendant vingt-quatre heures, immédiatement après la récolte. Il n'existe qu'un lot dont les poids frais et sec sont inférieurs à ceux du lot témoin *E*, c'est celui qui a été traité à l'éosine et au formol. Il est possible que la présence de l'acide et d'éosine ait accéléré la condensation du formol en trioxyméthylène. Les autres résultats peuvent être classés en deux catégories; ceux dont les totaux de poids frais (tiges et épis) sont supérieurs à 225 (dont 32 gr. d'épis), ceux ayant moins de 225 gr. (lots A. C.). En prenant le procédé de stérilisation à la chaleur comme unité, nous obtenons les classements suivants :

Fumure	1,5
Stérilisation par la chaleur	1
Mélange chlorure cuivrique-acide et formol	0,4
Acide picrique-formol	0,3
Autres procédés, acide phénique-formol	0,3
Témoin	0,2

L'adjonction d'un oxydant à un réducteur ne paraît pas présenter d'intérêt; les deux propriétés contraires se neutralisant, il est impossible de prévoir les effets du mélange. Certains colorants basiques agissent plus énergiquement que le phénol; ceci s'explique vraisem-

Tableau I. — Action stérilisante de plusieurs mélanges

ETAT DU SOL	LOT	NATURE DU TRAITEMENT	RECOLTE					
			Poids frais			Poids sec		
			Tige	Epi	Total	Tige	Epi	Total
		Chaque pot contient :	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Sol non stérilisée.....	A	1 gr. de phénol..... 1 cm³ de H C H O à 40 %....	193	32	225	75	10	85
Id.	B	1 gr. Cu Cl² 2 aq..... 1 cm³ de H C H O..... 1 cm³ d'H Cl à 22° B°.....	294	48	342	92	18	110
Id.	C	1 cm. H C H O..... 1 cm. H Cl..... 0,5 gr. Cr² 0⁷ K².....	160	25	185	55	9	64
Id.	D	0,2 gr. acide picrique..... 1 cm. d'H C H O.....	260	40	300	88	12	100
Id.	E	Lot témoin	123	22	145	50	7	57
Terre stérilisée à la chaleur	F	»	670	90	760	245	30	275
Non stérilisée.....	G	0,05 d'éosine gr..... 1 cm. H. C H O..... 0,25 H Cl 22° cm³.....	65	2	67	21	0,7	21,7
Id.	H	0,05 bleu toluidine gr..... 1 cm H Cl 22°.....	250	40	290	87	17	104
Id.	I	Fumure abondante avec fumier de ferme.....	980	140	1120	375	48	425

blablement si l'on tient compte du fait que le colorant est retenu tout près de la surface du sol, où les microorganismes abondent.

Le lot traité avec le mélange d'acide picrique à la dose de 2/15.000, associé au formol à 1/1.500, a une récolte double de celle du lot témoin; mais la solution réductrice contenant du chlorure cuivrique, de l'acide chlorhydrique et du formol, est plus active, probablement parce qu'elle contient du cuivre, poison énergique des champignons. Ces différents traitements sont moins efficaces que la stérilisation par la chaleur sèche. Notons qu'une fumure augmente la fertilité bien mieux que la stérilisation, aussi prononcée qu'elle peut être réalisée dans la pratique, puisqu'elle sextuple la récolte. Il est évident que ces chiffres ne sont pas les mêmes que ceux que l'on constaterait dans les conditions de grande culture; les expériences en pots ne constituent qu'un simple réactif biologique approximatif. D'autre part, le cuivre agit certainement d'une autre manière en prévenant la chlorose ou en limitant cette dernière. La chlorose est une maladie existant à l'état latent dans les cultures en pots. On peut même conclure avec un certain degré de vraisemblance que la destruction des Protozoaires donnera son plein effet, au point de vue de la fertilité, si elle est très poussée. Quoique les plantes vivent mieux dans un milieu stérile que dans un sol ordinaire, la terre argilo-calcaire des jardins, il est évident que l'apport d'engrais minéraux favorise moins la multiplication des Protozoaires et des Bactéries saprophytes que les engrais organiques; c'est donc, se semble, l'application de la stérilisation du sol et l'apport d'engrais minéraux qui seront à réaliser, si l'on s'en tient à ce point de vue.

Faut-il stériliser partiellement le sol, recourir simplement aux engrais, ou réunir ces deux procédés d'amélioration des cultures ? Telle est la question qui s'est posée après ces premiers essais et qui nécessitera à l'avenir une étude approfondie.

Nous avons donc décidé, pour avoir une idée de l'intérêt que présentent l'un et l'autre procédés, de comparer sommairement l'action des engrais minéraux avec ceux de la stérilisation, et la combinaison de ces deux méthodes. De plus, d'autres antiseptiques ont été mis à l'étude : l'arséniate de soude, le phénate de soude. Le blé tendre choisi est la variété *Baroota*, parce qu'il se bat plus facilement et qu'il est peu sujet au *Charbon interne*. Les résultats sont groupés dans le tableau II.

Comme précédemment, on peut classer l'efficacité des procédés en prenant pour base la stérilisation à la chaleur sèche :

Terre stérile, 21 gr. de grains	1
Terre témoin	0,7
Terre stérile + acide picrique	1
Terre non stérile + acide picrique	0,5
Arséniate de soude	0,4
Phénate de soude	0,7
Chlorure cuivrique + acide chlorhydrique	1

Tableau II. — Action comparée de certains engrais et de divers procédés de désinfection au point de vue de la fertilité du sol

Lot	NATURE DU SOL	NATURE DU TRAITEMENT	NOMBRE d'épis récoltés	POIDS des épis frais	POIDS des grains	RAPPORT poids des épis au poids des grains
A	Terre témoin non stérilisée	»	52	21	15	1,4
B	Terre stérile	0gr.15 acide picrique par pot.	55	32	20	1,6
C	Terre stérilisée témoin	Stérilisation par la chaleur..	55	38	21	1,8
D	Terre non stérilisée..	0gr.15 acide picrique.....	58	»	11	»
E	Id.	0gr.3 Cu Cl^2 2 aq..... 0gr.6 cm^3 H Cl.....	48	44	20,9	2,11
F	Id.	0gr.15 arséniale de soude....	47	15	9	1,6
H	Id.	0gr.15 phénate de soude.....	49	26	15	1,7
I	Id.	0,6 cm. N O^3 H commerc .. 0,3 g. nitrate cuivre.....	55	25	15	1,5
J	Id.	0,5 nitrate de soude..... 0,5 sulfate de potasse.....	55	32	21	1,5
K	Terre stérilisée	0,5 nitrate de soude..... 0,5 sulfate de potasse..... 0,3 Cu Cl^2 2 aq..... 0,6 H Cl cm^3.....	61	86	57	1,5
L	Terre stérile	0,5 nitrate de soude..... 0,5 sulfate de potasse.....	76	78	49	1,6

Nitrate de cuivre — acide nitrique..... 0,7
Engrais (nitrate de soude + sulfate de potasse)..... 1
Terre stérile + engrais (sulfate de potasse, nitrate de soude) 2,3
Engrais — stérilisation par la chaleur et adjonction de chlorure cuivrique + acide chlorhydrique..... 2,7

Il n'y a pas de corrélation entre le poids de l'épi et le poids du grain. On constate à nouveau que l'acide picrique n'a pas d'action bien marquée surtout dans le cas où la terre a été préalablement stérilisée par la chaleur. Le phénate et l'arséniate de soude ne présentent pas d'effet comparable à celui de la chaleur sèche; ceci démontrerait que ces composés ne sont pas des désinfectants économiques. Il est curieux de constater que l'efficacité du nitrate de cuivre est moindre que celle du bichlorure de cuivre. L'action des engrais minéraux s'est montrée ici aussi intéressante que celle des procédés à la chaleur sèche, et équivaut, quant à ses résultats, à la stérilisation partielle par le cuivre; mais le fait saillant qui se dégage de ces essais est que la stérilisation par la chaleur jointe à l'apport d'engrais, même en petite quantité, permet de réunir les avantages des deux méthodes utilisées séparément.

Il est inutile de procéder à une deuxième stérilisation; on peut supposer que la microflore et la microfaune ne sont guère modifiées à la suite d'une seconde intervention : on arrive au coefficient 1, l'unité, avec l'apport d'engrais; on obtient un coefficient égal à 2,3 en ajoutant les avantages de la stérilisation type à ceux résultant de l'apport d'engrais; enfin, si l'on procède en outre à l'addition d'un antiseptique, en l'espèce le chlorure cuivrique, la récolte obtenue est plus que doublée; elle est multipliée par 2,7 par rapport au lot témoin.

Un autre fait qui mérite d'être signalé, c'est la valeur stérilisante du chlorure cuivrique. Il a été décidé d'essayer ce corps, mais les chiffres ont été moins affirmatifs cette année; voici les résultats :

NATURE DU SOL	TRAITEMENT	POIDS DES ÉPIS	POIDS DES GRAINS
Terre témoin	»	21 gr.	11 gr.
Terre stérilisée à la chaleur	»	71 —	25 —
Terre non stérilisée..	Addition de 0.5 gr. de chlorure cuivrique + 0,5 cm3 H Cl à 22° par pot.	23 —	11,5

Mais il ne faut pas oublier que dans les champs les racines du

Fig. 1. — Aspect des Cultures de Blé en pots.

(de droite à gauche)

1. Pot en terre témoin.
2. Pot en terre stérilisée à la chaleur sèche.
3. Pot en terre traitée par le chlorure cuivrique.
4. Pot en terre à laquelle on a ajouté du fumier de ferme.

blé sont situées à une assez grande profondeur, région peu accessible et qui contient relativement peu de Protozoaires, alors que dans les expériences en pots, au contraire, toute la partie radiculaire de la plante est renfermée dans un faible volume de terre.

Nous concluons en insistant sur l'intérêt que présente le problème de la stérilisation partielle du sol tel qu'il a été délimité. Une foule de composés chimiques de fabrication industrielle n'ont pas encore été essayés, et nous venons de voir que certains d'entre eux peuvent produire des effets comparables à celui des engrais. Ces essais préliminaires devront être étendus à de nouvelles expériences et peuvent servir de point de départ à cette étude, qui peut compter trois facteurs principaux : tolérance de la plante aux antiseptiques, action sur les microorganismes; gain de récolte par rapport au témoin.

F. BŒUF
ET
CH. CHABROLIN

Action de la Gelée sur les Céréales
A L'ÉPOQUE DE L'ÉPIAISON

SOMMAIRE :

Les gelées tardives de printemps, survenant dans la période qui s'étend depuis une quinzaine de jours avant l'épiaison jusqu'au moment où le grain est bien formé, déterminent chez le Blé tendre (*Triticum vulgare*) et chez le Blé dur (*Triticum durum*) la mort de la totalité ou d'une partie seulement des épillets d'un même épi. Les grains d'Orge (*Hordeum sativum*) peuvent être tués par la gelée après la floraison, au début de leur développement. L'action de la gelée détermine parfois sur chacune la formation de taches jaunes ou de stries brunes résultant de la mort du parenchyme chlorophyllien.

Au point de vue anatomique, les tissus morts présentent des lacunes et des épaississements des parois cellulaires identiques à ceux qui ont été antérieurement signalés chez le Seigle et chez la Vigne ayant subi l'action de la gelée.

Les dégâts sont assez fréquents dans les plaines d'altitude élevée de l'Afrique du Nord. Il importe d'éviter dans ces régions une épiaison trop précoce, et il ne faudra jamais y semer les variétés de Blé tendre précoces avant le 15 novembre.

Dans les régions à climat rigoureux, comme l'Est de la France, les céréales en herbe subissent assez fréquemment les méfaits des froids très vifs que l'on enregistre pendant la période hivernale. Les gels très tardifs, se produisant à l'époque de l'épiaison ou même de la floraison des céréales, constituent par contre dans ces mêmes régions un phénomène relativement rare. On ne l'a enregistré jusqu'ici en Europe que sur le Seigle, dont l'épiaison est précoce. On l'a également signalé sur le Blé dans la partie Nord-Ouest des Etats-Unis, mais cette dernière région, à climat très continental, doit à sa situation géographique, qui la laisse sans protection contre les

vents venus des régions polaires, des retours offensifs du froid même à une époque avancée du printemps. Le gel des céréales au moment de l'épiaison est par contre un accident relativement fréquent dans les régions d'altitude un peu élevée de l'Afrique du Nord. Ses dégâts ont été signalés, depuis longtemps déjà, en Algérie, et des pertes importantes, dues à cette cause, ont été à déplorer au cours des deux dernières années tant en Algérie qu'en Tunisie. Comme il s'agit de phénomènes peu connus au point de vue scientifique et sur lesquels l'attention des colons tunisiens est parfois attirée, il est nécessaire d'en préciser la nature, la cause et l'importance. Leur fréquence et leur gravité paraissent en effet devoir s'accroître au fur et à mesure que les Blés précoces, dont l'intérêt est indéniable, prennent plus d'importance dans les ensemencements ou gagnent de nouvelles régions où une mise au point préalable de leur culture est toujours nécessaire.

EFFETS DU GEL SUR LES CEREALES

Nous étudierons successivement les effets de la gelée sur le Blé tendre, sur le Blé dur et sur l'Orge, en utilisant surtout les observations qui ont pu être faites au cours des deux dernières années en différents points de la Tunisie, dans les plaines élevées de la dorsale montagneuse notamment.

Blé tendre (*Triticum vulgare*)

Au Krib, la gelée a causé en 1929 une diminution de récolte de 40 % sur l'ensemble d'une parcelle de 7 hectares de Blé tendre de la variété précoce Irakié. La gelée s'est produite au moment de l'épiaison. Les effets en ont été visibles douze jours après seulement et se sont traduits par l'avortement total ou d'une partie seulement des épillets d'un même épi. Les épillets atteints ont été arrêtés dans leur développement à des états très variables :

a) *Epillet très jeune au début de son accroissement.* — Les glumes et les glumelles sont très réduites. Tuées à l'état jeune, elles sont devenues blanches en se desséchant et sont encore minces et sans résistance (Pl. I, en 1 et 5 particulièrement). L'androcée est pourtant déjà nettement différencié. Les anthères ont acquis leur forme normale et les grains de pollen sont libres ou encore réunis par groupes. Ce stade dans le développement des épillets précède l'épiaison de dix à quinze jours, ainsi que nous l'établirons par la suite en tenant compte de tout un ensemble de facteurs.

b) *Epillet en cours d'accroissement.* — Les enveloppes florales (glumes et glumelles) ont une forme voisine de leur forme définitive, mais elles sont encore nettement plus petites que celles d'un épillet normal au moment de la floraison. Elles sont molles et ont blanchi

en se desséchant. Les loges des anthères sont naturellement fermées. Ce stade dans le développement des épillets fait suite au précédent, mais est encore nettement antérieur à l'épiaison, qu'il précède sans doute de cinq ou six jours (Pl. I, en 2 au milieu, en 3 à la base et en 6 au sommet, par ex.).

c) *Epillet vers la fin de son accroissement.* — Les glumes et les glumelles ont acquis leur forme et leurs dimensions définitives, ou à peu près. Mais elles ont été tuées avant d'être normalement lignifiées. Ces enveloppes, qui ont blanchi, sont donc restées relativement molles. Les anthères desséchées ne montrent aucune trace de déhiscence. Ce stade paraît approximativement coïncider avec l'époque de l'épiaison; il précède donc immédiatement la floraison de l'épi (Pl. 1, en 3 au sommet et en 4 vers le bas et au milieu).

On trouve, en somme, dans les cas envisagés ici, des épillets arrêtés aux stades les plus divers de leur développement, depuis le moment où ils commencent à s'accroître rapidement sur l'épi dont le rachis s'allonge aussi très vite, jusqu'au moment de l'épiaison. On peut donc dire qu'un épillet est sensible à la gelée dans la période d'une quinzaine de jours qui précède et comprend l'époque de l'épiaison. Nous verrons tout à l'heure que la période de sensibilité du Blé aux gelées de printemps est encore plus longue et embrasse les premiers stades de la formation du grain.

Lorsque les épillets ont été détruits aux stades *a*, *b* ou *c* précédemment décrits, que nous envisageons seuls pour l'instant parce qu'ils correspondent à des méfaits du gel nettement caractérisés, le groupement des épillets tués dans un même épi ne suit aucune règle précise. Les cas suivants se rencontrent donc côte à côte dans le même champ :

1° Tous les épillets ont été tués à l'état très jeune correspondant au stade *a*. L'épi est resté court, n'a atteint que le tiers ou tout au plus la moitié de sa longueur définitive. Le dernier entre-nœud du chaume ne s'est pas développé ou a tout au plus acquis un centimètre de long. L'épi mort est donc resté entièrement caché dans les gaines des feuilles supérieures, dont il n'a pu se dégager. Les chaumes qui portent de pareils épis restent courts et sont largement dominés par tous les autres. Ils échappent facilement à l'observation et la partie des dégâts dus à la gelée qui affecte cette forme reste peu apparente et difficile à chiffrer. La proportion des épis ainsi complètement détruits est pourtant déjà sensible.

Ce stade est le plus précoce que nous ayons pu observer, où l'épi était détruit par la gelée. Il correspond à une phase bien caractérisée du développement du Blé. Percival (3) [1] donne, en effet, pour le développement du dernier entre-nœud et de l'épi du Blé tendre, les chiffres suivants :

(1) Les chiffres entre parenthèses renvoient à la Bibliographie.

Date	Longueur de l'épi (en cm.)	Longueur du dernier entre-nœud (en cm.)	
9 Mai	0,8	»	
16 —	2,0	»	
23 —	3,8	»	
30 —	7,8	3,8	
6 Juin	8,2	8,0	Epiaison
13 —	8,7	13,0	
20 —	8,7	21,0	
27 —	9,0	21,5	

Ces résultats, bien qu'obtenus en Angleterre sous un climat très différent du climat tunisien, ne méritent pourtant pas de subir de correction sensible pour être utilisés ici. Ils sont en effet confirmés dans leur ensemble par les observations de M. SÉGUÉLA, Chef de travaux au Service Botanique. En prenant en effet pour point de départ le moment où l'épi détermine un très léger gonflement des gaines des feuilles qui l'entourent, la marche ultérieure de la croissance de l'épi est la suivante (com. orale) :

Etat de développement de l'épi	Nombre de jours qui se sont écoulés depuis le point de départ de l'observation
Léger gonflement de la gaine.....	Point de départ.
Gaine nettement gonflée.....	2 jours.
Gaine fortement gonflée, quelques sommets d'épis apparaissent	4 jours.
Nombreux sommets d'épis apparaissent, quelques épis entièrement dégagés.....	6 à 8 jours.
Epiaison terminée; quelques fleurs commencent à fleurir	10 jours. 12 jours.

Il résulte de ces observations, qui ont porté sur l'ensemble des épis d'une parcelle d'essais, qu'il s'écoule en Tunisie une dizaine de jours entre le moment où l'épi commence à grossir, au point que sa présence se traduit par un gonflement perceptible de la gaine des feuilles, et le moment de l'épiaison. Il y a donc concordance avec les chiffres donnés par PERCIVAL, puisque, au stade où l'épi a 3^{cm}8 de long, qui précède de quinze jours l'épiaison, les épillets sont encore trop peu développés pour que la présence de l'épi détermine un gonflement perceptible de la gaine. Une semaine après, huit jours avant l'épiaison, l'épi, dont la longueur a plus que doublé, ne peut plus passer inaperçu. Le stade pris comme point de départ dans les observations de M. SÉGUÉLA se situe donc entre le 23 et le 30 mai dans le tableau de PERCIVAL, et il y a accord entre les résultats de ces deux expérimentateurs à un ou deux jours près.

En tenant compte à la fois de leur longueur et du très faible développement du dernier entre-nœud du chaume qui les porte, les épis

morts inclus dans la gaine de la dernière feuille sont comparables à l'épi qui, dans le tableau de PERCIVAL, a 3cm8 le 23 mai. La concordance est même assez précise, puisque nous nous trouvons au début d'une période où l'épi s'accroît très rapidement, de plus de un demi-centimètre par jour. Les plus jeunes épis tués dans la gaine par le gel se trouvaient donc à un état de développement qui précède l'épiaison d'une quinzaine de jours.

Ces épis morts sont facilement envahis par des microorganismes divers, champignons du groupe des Hyphomycètes ou bactéries, qui n'interviennent qu'en saprophytes. Les tissus envahis deviennent gris ou bruns suivant l'organisme en cause; les gaines des feuilles autour de l'épi peuvent être envahies à leur tour et elles se dessèchent. Il s'agit là d'un effet secondaire sans grand intérêt.

2° Ce premier cas d'épis gelés restés inclus dans les gaines des feuilles nous a retenus longtemps, car il était nécessaire de le situer exactement dans les différentes phases de l'évolution du Blé. Dans un deuxième type, tous les épillets d'un même épi sont encore tués par le gel, mais la croissance du dernier entre-nœud reste normale ou presque, si bien que l'épi se dégage entièrement de la gaine de la dernière feuille. Les épillets ont été tués indifféremment aux stades *a*, *b* ou *c*. On trouve sur le même épi des épillets plus ou moins développés (Pl. I, en 2, stades *a* et *b*, et en 3 et 4, stades *b* et *c*), ou bien au contraire tous les épillets ont été tués au même stade *a*, *b* ou *c* (Pl. I, en 1). Dans le premier cas, les plus développés sont soit au milieu, soit au sommet ou à la base de l'épi, sans aucune régularité (Pl. I, successivement en 2, 3 et 4). Dans tous ces cas, la longueur totale de l'épi est voisine de la normale (Pl. I, comparer à gauche un épi normal N). Le gel s'est produit dans les huit à dix jours qui précèdent l'épiaison.

3° Une partie seulement des épillets d'un même épi a été tuée par le froid, aux stades *a*, *b*, ou *c*. Les autres ont poursuivi normalement leur développement et renferment, lors des observations, des grains à l'état laiteux qui ont parfaitement mûri par la suite. La partie où les épillets sont morts occupe habituellement le tiers ou la moitié inférieurs de l'épi (Pl. I, en 5). Elle peut pourtant être localisée à son sommet ou à sa partie moyenne (Pl. I, en 8) ou encore intéresser simultanément différentes portions (Pl. I, en 6 et 7). On peut même trouver, exceptionnellement il est vrai, un seul épillet mort (stade *a*, par ex.), isolé au milieu d'un épi entièrement normal par ailleurs ou, vice versa, un seul épillet développé au milieu des autres gelés.

Si les épillets ont été tués au stade *a*, il n'y a pas, sur un épi donné, de termes de transition entre les épillets desséchés et ceux qui se sont normalement développés (Pl. I, en 5). Au stade *b*, au contraire, les épillets morts insérés près des épillets normaux sont un peu plus développés que les autres et forment transition (Pl. I, en 6, au-

dessus des quatre épillets normaux par ex.). En règle générale, le passage des épillets sains aux épillets gelés est d'autant moins brusque que ces derniers sont dans leur ensemble plus différenciés.

On voit en somme que le gel des épis de Blé se traduit de façon très variable. La Planche I ne donne que quelques-uns des types les plus caractéristiques d'épis gelés. Ces différents types se rencontrent en mélange dans le même champ et côte à côte avec des épis entièrement sains. Les cas les plus communs sont constitués par le gel complet de l'épi (Pl. I, en 1, 2, 3 ou 4) ou le gel des épillets de la base seulement (Pl. I, en 5).

Sur un assez grand nombre de chaumes portant des épis gelés en partie ou en totalité, on remarque une tache jaunâtre qui circonscrit entièrement le dernier entre-nœud, un peu au-dessous de l'épi (Pl. I, en 6 et 7). Cette tache tranche nettement sur le fond vert du chaume et elle s'étend sur 1 ou 2 centimètres de long. Sa distance de la base de l'épi oscille habituellement entre 0 et 5 centimètres. Exceptionnellement, elle se trouve beaucoup plus bas, à 8 et même à 11 centimètres de la base de l'épi. Elle est placée d'autant plus haut sur le chaume que les épillets gelés sont moins développés, et elle n'existe pas au-dessous des épis gelés de très bonne heure. Cette règle souffre des exceptions, mais on peut malgré tout en déduire que la partie jaune du chaume correspond à la région du dernier entre-nœud en voie de croissance active lors du gel. Le dernier entre-nœud s'allonge en effet par sa base, qui se trouvait d'autant plus éloignée de l'épi que le gel a surpris ce dernier à un stade plus avancé de son développement. Seules les parties jeunes en voie de croissance ont souffert du froid, qui a entraîné la mort des cellules du parenchyme chlorophyllien. On s'explique ainsi que cette tache jaune occupe des positions variables le long du dernier entre-nœud.

Quand il se dégage de la gaine de la dernière feuille, l'épi apparaît avec ses caractères définitifs, et son aspect ne change plus. La tache jaune du chaume préexiste sous la gaine; elle tend seulement à devenir un peu plus apparente après la sortie de l'épi. Mais, dans les parcelles de Blé qui ont subi l'action de la gelée, l'épiaison est fortement ralentie et se poursuit lentement. Chaque jour, de nouveaux épis malades apparaissent, et le mal prend un peu l'allure alarmante d'une maladie contagieuse à progrès rapides. Cette impression ne résiste pas à un examen un peu minutieux des faits.

Il faut rapprocher de ces cas de gel nettement caractérisés les nombreux cas d'avortement de fleurs que l'on a pu observer en 1929, dans différentes régions de la Tunisie, sur les Blés de la variété Florence tout particulièrement. Les dégâts revêtaient ici deux formes bien distinctes :

1° Les épis ont gardé leur aspect normal (Pl. II, fig. 3). Mais, au toucher, on se rend vite compte que de nombreux épillets sont

restés stériles ou ne renferment qu'un seul grain. Les glumelles des fleurs restées stériles renferment habituellement des étamines desséchées avant tout allongement du filet et par conséquent avant la déhiscence des anthères. Plus rarement, les étamines ont disparu et on ne retrouve plus que l'ovaire desséché dont les stigmates sont saupoudrés de grains de pollen déjà germés. Tous les épillets du sommet de l'épi peuvent être ainsi dépourvus de grains (Pl. II, fig. 3, en 1 au-dessus de N, et en 3 au-dessus de P), ou bien les épillets stériles sont irrégulièrement répartis dans l'épi parmi les épillets normaux (Pl. II, fig. 3, en 2 au niveau de O, par ex.). Dans tous les cas, les épillets de la base de l'épi sont normalement fertiles, et si un épillet ne renferme qu'un seul grain, ce grain dérive toujours de la première fleur de l'épillet.

2° Dans la deuxième forme, de beaucoup la plus commune, les fleurs ont été tuées soit juste avant la floraison, soit après, au début de la période de croissance du jeune ovaire fécondé. Dans un épi donné, on trouve indistinctement une majorité d'épillets stériles, ou l'inverse. La répartition des fleurs tuées par rapport aux fleurs qui renferment des grains ne suit aucune règle précise et il n'est pas rare de ne voir dans un épi que quelques grains disséminés de-ci de-là sur toute sa longueur.

Les glumes et les glumelles des fleurs mortes ont leur forme et leurs dimensions normales et ce cas ne serait pas, au fond, différent du précédent s'il n'y avait pas sur les enveloppes du grain et sur le chaume tout un ensemble de lésions particulières au second. Les glumes, les glumelles et le rachis de l'épi montrent en général des taches brunes longitudinales très nombreuses, souvent confluentes entre elles. Ces mêmes taches forment toujours de longues stries ou de longues plages gris-brun sur le dernier entre-nœud du chaume, entre le bas de l'épi et le haut de la gaine de la dernière feuille. On les rencontre irrégulièrement sur les entre-nœuds inférieurs. Ces lésions sont limitées aux tissus directement en contact avec l'extérieur. C'est ainsi qu'on ne les rencontre que sur la partie des glumelles qui dépasse les glumes : elles finissent brusquement à la limite de la partie recouverte par la glume. On ne les trouve aussi que sur les parties des entre-nœuds non protégées par la gaine des feuilles; au-dessous de la gaine, les tiges sont toujours de couleur normale.

Les pieds atteints sont groupés par taches dans le champ et forment des bandes étroites, des sortes de coulées de 1 mètre de large environ, et de longueur variable. Ces coulées tranchent nettement par leur couleur grisâtre sur le reste de la parcelle de couleur verte ou jaunâtre. Elles sont particulièrement nombreuses et étendues dans les bas-fonds, mais on en trouve aussi quelques-unes, plus petites, dans les parties élevées, à flanc de coteau.

Les taches brunâtres sont dues à l'altération du parenchyme chlorophyllien des glumes, des glumelles, du rachis ou des entre-nœuds. Ces tissus morts renferment divers microorganismes. Ce sont habi-

tuellement des bactéries qui peuvent exsuder à la surface de l'épiderme sous forme de gouttelettes jaunâtres apparentes au binoculaire. Ces bactéries, qui ont été isolées en culture par M. Foex, Directeur de la Station centrale de Pathologie végétale, par M. Petit, Chef de travaux au Service Botanique, et par nous-mêmes, donnent des colonies blanc crème, bien différentes des colonies fournies par l'agent du *Black Chaff : Bacterium translucens undulosum*, qui produit sur les Blés des lésions un peu comparables. Si cette bactérie est la plus commune, elle n'est pas la seule que l'on peut isoler des parenchymes altérés, et on trouve en outre assez fréquemment, tant sur l'épi que sur le chaume, les fructifications d'un *Alternaria* ou celles d'un *Septoria* indéterminés. Il semble bien en définitive que ces différents microorganismes ne sont pas à l'origine des altérations du parenchyme chlorophyllien que l'on constate et que l'on n'a affaire qu'à des saprophytes ou à des parasites accidentels.

Dans les deux cas qui viennent d'être examinés, la gelée reste en définitive la seule cause que l'on puisse retenir. C'est elle qui serait responsable de la mort des fleurs juste avant ou quelque temps après la floraison. C'est également elle qui, dans certaines circonstances mal précisées, déterminerait, dans le parenchyme chlorophyllien des chaumes et des différents éléments constitutifs de l'épi, des altérations suffisantes pour amener l'invasion de ce tissu par des microorganismes divers dont le rôle reste secondaire. Bien qu'il soit difficile d'être affirmatif, cette interprétation s'accorde bien avec les faits, comme nous chercherons à l'établir dans le chapitre suivant.

En résumé, la période de sensibilité du Blé tendre aux gelées de printemps est de très longue durée. Elle débute, d'après nos observations, une quinzaine de jours avant l'épiaison, alors que l'épi commence à s'allonger rapidement; elle comprend la période d'épiaison et de floraison et embrasse encore les premières phases de développement du grain. Nos observations ne nous permettent pas d'établir si les grains de Blé plus développés, déjà bien formés bien qu'encore à l'état laiteux, peuvent aussi être tués par la gelée. Vivet (12) suppose qu'ils sont à ce moment-là résistants, et nous nous rallions bien volontiers à cette supposition.

Blé dur (*Triticum durum*)

L'action de la gelée sur le Blé dur, telle qu'elle a été observée en 1928 dans la région du Kef, rappelle tout à fait l'action de la gelée sur le Blé tendre. Les épillets sont encore tués à des états très variables de leur développement. Les uns ont leurs glumes et leurs glumelles encore très réduites, molles, minces, de couleur blanche, les autres ont acquis le développement d'épillets normaux pris au moment de la floraison. Les premiers ont été tués bien avant l'épiaison, les autres peu de temps avant la floraison. Certains épis, totale-

ment détruits de très bonne heure, sont restés entièrement cachés dans la gaine des feuilles, où ils ont été envahis par des saprophytes (Bactéries, Dématiacées ou Moniliacées diverses) (Pl. III, en 1, les gaines des feuilles ont été enlevées). D'autres, également entièrement détruits, se sont plus ou moins complètement dégagés (Pl. III, en 2, 3 et 4); d'autres enfin portent à la fois des épillets gelés et des épillets normaux. Dans ces derniers, les épillets tués sont indifféremment soit ceux de la base, soit ceux du sommet (Pl. III, en 5), soit à la fois ceux de la base et du sommet (Pl. III, en 8). Certains ne renferment plus qu'un seul épillet normalement développé, inséré à la base (Pl. III, en 6) ou au milieu de l'épi (Pl. III, en 7). Comme dans le Blé tendre, toutes les combinaisons sont possibles. Le gel complet de l'épi ou le gel de la base seulement sont les plus communs.

Ces différents types d'épis gelés se rencontrent encore ici en mélange dans le même champ et côte à côte avec des épis entièrement normaux. Les taches jaunes du dernier entre-nœud du chaume n'ont pas été observées sur le Blé dur.

L'action de la gelée sur les Blés tendres et sur les Blés durs, telle qu'elle résulte des observations faites en Tunisie, est identique à l'action de la gelée sur le Seigle (*Secale cereale*) décrite depuis longtemps par Franck (1) et surtout par Sorauer (4, 6, 8) en Allemagne. Sorauer signale l'avortement des épillets sur la totalité ou sur une partie quelconque seulement de l'épi. Le dernier ou les deux derniers entre-nœuds présentent des taches jaunes circonscrivant complètement le chaume. Les tissus altérés sont envahis par des microorganismes divers qui ne jouent qu'un rôle secondaire. La gelée est en effet à l'origine de toutes ces lésions, qui ont pu être reproduites artificiellement.

Des dégâts identiques dus à la gelée ont été également signalés dans le Nord-Ouest des Etats-Unis en 1919 (5 et 9). La figure que donne Heald à ce sujet (5) est en effet des plus significative, et certains épis photographiés sont identiques à ceux représentés ici (Pl. I, en 2 et 7, et Pl. III, en 4 et 7). Heald signale en outre que le froid peut provoquer la verse en tuant les méristèmes de la base de certains nœuds. Il y a donc accord complet entre les observations ayant porté sur des céréales différentes et dans des régions très éloignées les unes des autres.

Orge (*Hordeum sativum*)

Comme pour le Blé, les gelées tardives peuvent également causer des dégâts sérieux dans les cultures d'Orge de l'Afrique du Nord, ainsi que nous avons pu nous en rendre compte en 1928 et en 1929 en Tunisie. Mais, dans tous les cas que nous avons observés, la gelée était survenue après la floraison de l'Orge. Les glumelles des fleurs ont donc toujours acquis leur développement complet. Elles

sont simplement vides de leur contenu. Les dégâts sont bien perceptibles à l'œil, les glumelles des fleurs tuées n'étant pas gonflées par le grain comme dans les épillets normalement développés; ils sont encore beaucoup plus sensibles au toucher, l'épi restant mou et vide.

Les fleurs tuées renferment un jeune ovaire desséché qui a déjà 4 à 5 millimètres de long, soit la moitié environ de sa longueur définitive. Le gel s'est donc toujours produit après la floraison, au début de la période d'accroissement du grain, et l'on ne trouve nulle part trace d'épis gelés encore dans leur gaine avant l'épiaison. Il semble donc que la période de sensibilité aux gelées du printemps soit, chez l'Orge, beaucoup plus courte que chez le Blé.

Les glumelles des fleurs tuées peuvent être en grande partie recouvertes par les fructifications d'un champignon saprophyte du genre *Alternaria*. Les épis prennent alors dans leur ensemble une teinte grisâtre, et la présence de ce microorganisme ne doit pas faire perdre de vue que la gelée est la cause primordiale du mal.

Tous les grains d'un même épi peuvent être ainsi détruits par la gelée au début de leur développement. Ou bien ce sont seulement les épillets de la base (Pl. II, fig. 4, en 1) ou encore ceux du sommet de l'épi qui sont touchés. On trouve enfin de nombreux cas où chaque épi ne porte que quelques grains normaux irrégulièrement répartis parmi les épillets vides (Pl. II, fig. 4, en 2 et 3, grains normaux au niveau de *b* ou de *c*, par ex.).

La verse en tous sens, que l'on observait dans une parcelle d'Orge de Tripoli fortement touchée par la gelée en 1929, paraissait également être une conséquence du froid, et cette interprétation s'accorde avec les indications de Heald (5).

CARACTERES ANATOMIQUES DES TISSUS GELES

L'action de la gelée sur les cellules, qui se traduit finalement par la mort de ces dernières, amène des modifications d'ordre anatomique assez importantes signalées d'abord par Sorauer (4, 6 et 8) sur le Seigle et que nous avons retrouvées tant sur le Blé dur que sur le Blé tendre.

Si la gelée se produit une quinzaine de jours avant l'épiaison, lorsque l'épi a tout au plus atteint la moitié de sa longueur définitive, le froid détermine un épaississement des parois des cellules des tissus encore parenchymateux. A ce moment, la structure du rachis est à peine indiquée et les faisceaux libéro-ligneux sont encore incomplètement différenciés. La plus grande partie des tissus du rachis est alors normalement formée par de jeunes cellules de parenchyme cellulosique à parois minces. Dans le rachis des épis tués par la gelée à ce stade très précoce, des coupes transversales montrent que la plupart des cellules ont leurs parois très épaissies et leur cavité réduite en proportion directe. On trouve même des plages étendues suivant lesquelles la lumière des cellules est très

Fig. 1. — Coupe transversale dans le rachis d'un épi de Blé tendre tué par la gelée une quinzaine de jours avant l'épiaison. Les tissus étaient encore en grande partie parenchymateux. Les parois des cellules se sont fortement épaissies. En de nombreux points, les cavités cellulaires, fortement comprimées, sont devenues méconnaissables. Une lacune L montre bien qu'il y a eu gelée. E = épiderme, C = cavité cellulaire. Grossissement = 750.

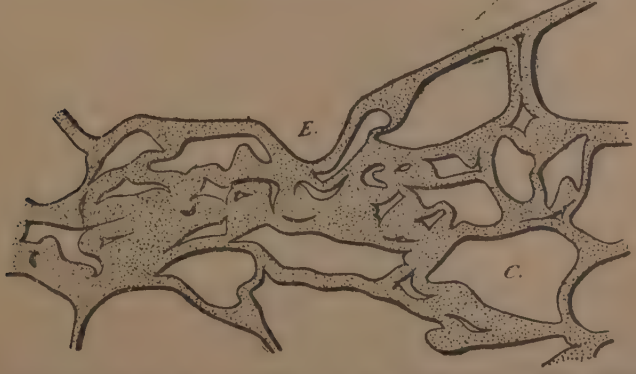


Fig. 2. — Coupe transversale dans le rachis d'un épi de Blé tendre. Même échantillon que pour la fig. 1. Région où les épaississements des parois cellulaires sont très accusés. **E = épiderme. C = cavité cellulaire. Grossissement = 1000.**

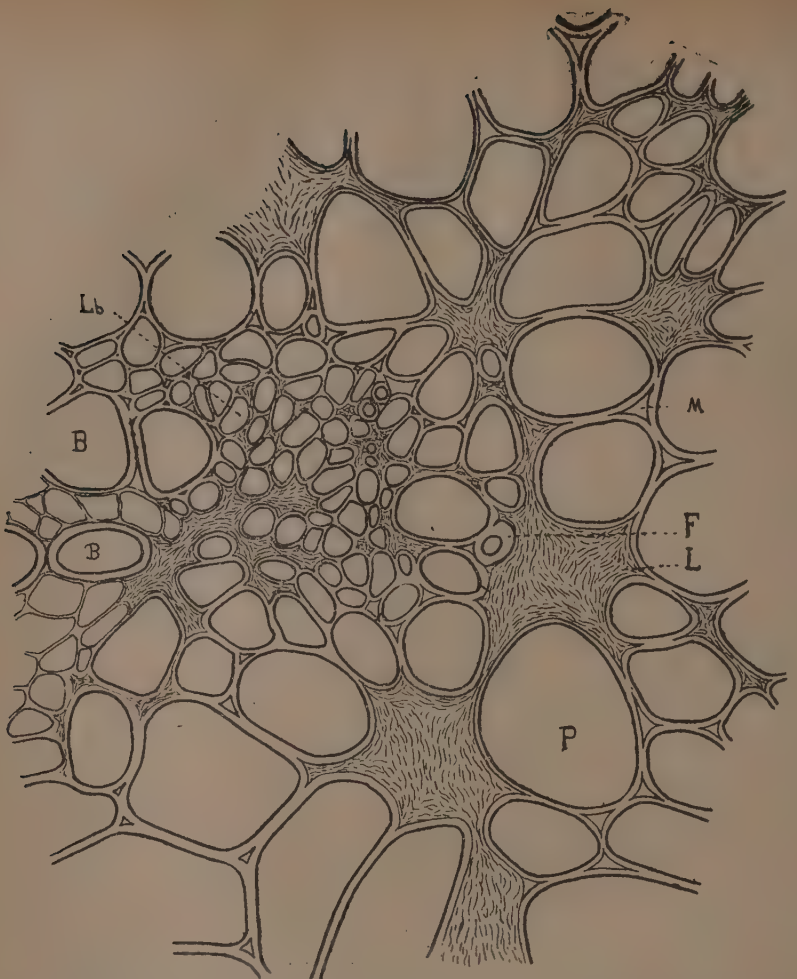


Fig. 3. — Coupe transversale dans le rachis d'un épi de Blé tué par la gelée une douzaine de jours avant l'épiaison. Les épaississements des parois cellulaires forment des plages ou des bandes L bien apparentes dans le liber Lb ou dans le parenchyme P entre les faisceaux libéro-ligneux. La représentation des tissus altérés est schématique. Les faisceaux libéro-ligneux ne sont pas encore entièrement différenciés. B=vaisseau du bois; F=fibre de la gaine des faisceaux libéro-ligneux. Grossissement=375.

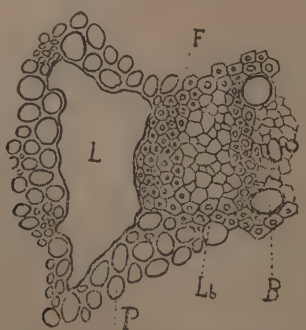


Fig. 4. — Coupe transversale dans le rachis d'un épi de Blé dur partiellement détruit par la gelée huit jours environ avant l'épiaison. Les faisceaux libéro-ligneux sont restés intacts : B=vaisseau du bois; Lb=Liber; F=fibre. Les lacunes L dues à la gelée se sont formées dans la région de contact entre le parenchyme P et la gaine de fibres F qui entoure les faisceaux libéro-ligneux. Grossissement=100.

petite ou même à peu près inexistante. Ces différentes modifications anatomiques dans des rachis de Blé tendre sont très visibles dans les figures 1 et 2. La figure 3 montre à un plus faible grossissement la répartition des zones suivant lesquelles les parois des cellules sont fortement épaissies dans un rachis de Blé dur gelé à un stade légèrement plus avancé que dans le cas des figures 1 et 2. Ici, la différenciation des faisceaux libéro-ligneux est déjà accusée et on reconnaît nettement les vaisseaux du bois en B et le liber en Lb. On voit même quelques fibres en F. Les épaississements des parois se sont produits dans le liber et autour des vaisseaux ligneux d'une part, dans le parenchyme qui sépare les faisceaux libéro-ligneux d'autre part. C'est dans ce dernier que les plages d'épaississement acquièrent même leur plus grand développement.

On trouve en même temps, dans les tissus du rachis, de grandes lacunes irrégulières (Fig. 1, en L), qui, chez tous les végétaux, résultent de la formation pendant la gelée de cristaux de glace entre les cellules. Ces lacunes s'observent seules, à l'exclusion de tout épaississement des parois cellulaires, dans le rachis des épis qui ont subi l'action de la gelée à une époque plus avancée de leur développement. A ce moment-là, le rachis possède sa structure définitive, et les lacunes L se forment habituellement entre le parenchyme lignifié P et la gaine de fibres F des faisceaux libéro-ligneux (Fig. 4).

Dans les taches jaunes qui circonscrivent parfois le dernier entre-nœud des Blés tendres, à peu de distance de l'épi (Pl. I, en 6 et 7), des sections transversales montrent que le parenchyme chlorophyllien a seul été altéré par la gelée. Les cellules de ce parenchyme sont mortes, leur chlorophylle a disparu et leurs parois se sont épaissies. Leur cavité reste circulaire ou encore ces cellules sont aplaties les unes contre les autres, la plus grande partie de l'espace compris entre deux piliers consécutifs de fibres étant occupée par une lacune. Dans tous les cas, au niveau de ces taches jaunes, les faisceaux libéro-ligneux restent intacts. Ils assurent toujours la circulation de la sève. Les épillets qui n'ont pas été tués par la gelée se développent en effet normalement par la suite.

Dans les épis de Blé dont les fleurs ont été tuées après l'épiaison, quelques jours avant ou juste après la floraison, on ne constate aucune modification d'ordre anatomique dans les tissus du rachis. Il en est de même chez l'Orge, où le gel se produit encore plus tardivement, au début du développement du grain.

On trouve donc, dans différents tissus du Blé tendre ou du Blé dur qui ont subi l'action de la gelée au plus tard au moment de l'épiaison, deux groupes de modifications d'ordre anatomique. Les lacunes constituent l'un de ces groupes. Leur existence est assez constante. Elles manquent seulement dans le cas de gels très tardifs se produisant à l'époque de la floraison ou même plus tard. On les observe dans tous les autres cas, et le mode d'action de la gelée chez les céréales ne diffère pas, à ce point de vue, de ce que l'on constate chez toutes les autres plantes. La présence anormale de lacu-

nes constitue donc bien ici aussi un caractère positif qui témoigne de l'intervention du gel.

Les épaississements des parois des cellules constituent l'autre groupe de modifications anatomiques. Ils ne se produisent qu'aux dépens de cellules jeunes à parois de nature encore cellulosique. Les parois épaissies restent, d'ailleurs, de nature cellulosique. SORAUER a antérieurement décrit des modifications tout à fait comparables chez le Seigle ayant subi l'action de la gelée (voir 4, fig. 152, p. 565). Tout récemment, BRANAS (11) a observé ces mêmes épaississements des parois cellulaires dans les différents tissus de sarments de vignes court-noués à la suite d'une gelée qui les a surpris au début de leur développement. Ces altérations consécutives à des gelées de printemps ne paraissent pas jusqu'ici avoir été signalées chez d'autres plantes que les céréales (Seigle et Blé) et la Vigne. Le fait qu'on les retrouve dans les mêmes conditions chez deux groupes de végétaux botaniquement très éloignés mérite pourtant d'être noté. Il n'est malgré tout pas possible de les considérer comme obligatoirement liées à la gelée et d'utiliser leur présence pour diagnostiquer ses effets. On ne peut donc leur donner la même signification générale qu'à la présence anormale de la lacune. Le liber de l'Abricotier renferme en effet des plages radiales suivant lesquelles les parois des cellules sont fortement épaissies, au point que leur cavité a à peu près disparu (voir *Annales des Epiphyties*, X, p. 273, fig. 8, et p. 274, fig. 9, 1924). Cette structure est normale dans le liber de l'Abricotier, elle apparaît déjà dans le liber de un an, ainsi que nous avons pu le vérifier à nouveau sur des Abricotiers vigoureux de la région de Tunis où toute action néfaste du gel est à écarter.

Quoi qu'il en soit, la présence de ces lésions chez les céréales gelées amène à penser que le froid n'agit pas ici de façon brutale en tuant les cellules au plus tard lors du dégel. S'il en était ainsi, les parois des cellules tuées ne seraient pas modifiées. Pour expliquer l'épaississement de ces parois, il faut supposer que les cellules restent encore vivantes pendant un certain temps après le gel. Mais leur évolution est fortement modifiée et aboutit à leur mort quelques jours après.

INTERPRETATION DES FAITS

Les dégâts constatés en Tunisie dans les cultures de Blé tendre ou de Blé dur, et qui se traduisent par la mort à des stades divers de tout ou partie des épillets d'un même épi (Pl. I et Pl. III), sont bien la conséquence de la gelée et ne peuvent être attribués à aucune autre cause. Cette conclusion est basée sur tout un ensemble de données concordantes :

1° Ces dégâts sont identiques à ceux observés par SORAUER en

Allemagne sur le Seigle et reproduits artificiellement sous l'action du gel (4, 6 et 8);

2° Ils sont identiques aussi aux dégâts signalés aux Etats-Unis et attribués à des gelées de printemps (5 et 9);

3° La présence anormale de lacunes, qui caractérise bien l'action du gel, confirme également cette conclusion (Fig. 1 et 4). Il en est de même des épaississements des parois cellulaires (Fig. 1, 2 et 3) qui accompagnent les lésions dues au froid chez le Seigle (4) et aussi chez la Vigne (11);

4° Les tissus morts ne sont que très irrégulièrement envahis par divers microorganismes. Aucun de ces derniers n'est associé de façon constante à ces lésions;

5° On peut enfin, dans tous les cas, retrouver la gelée qui est à l'origine de ces dégâts. Dans le même ordre d'idées, le mal n'intéresse habituellement que les bas-fonds d'une région, c'est-à-dire les points qui ont subi les plus forts abaissements de température.

Mais, si leur cause est établie ainsi sans contestation possible, l'interprétation des faits reste dans le détail difficile, à cause de l'irrégularité et de la diversité des effets de la gelée. Les épillets tués ont en effet atteint des stades très différents de leur évolution et ils sont groupés de façon quelconque dans l'épi. L'étude d'un cas précis montrera bien cette difficulté [1].

En 1929, la gelée a causé des dégâts dans une culture de Blé tendre de la variété Irakié, dans la région du Krib. Une parcelle de 13 hectares, en plaine, avec pente faible vers l'un des angles de la parcelle, est ensemencée les 2 et 3 novembre 1928. L'hiver est plutôt froid et des gelées sont notées du 1er au 15 janvier, le 15 et le 23 février. La neige tombe le 3 et le 28 février. Mais la température se relève en mars, la végétation arrêtée reprend, les chaumes s'allongent et quelques épis apparaissent le 31 mars, dans les parties les moins fertiles du champ. Une légère chute de grêle le 4 avril n'apporte aucun trouble à la végétation, mais, le 9 avril, on enregistre une forte gelée blanche qui détruisit les trois quarts de la récolte des Fèves, en fleurs à ce moment-là. Dans la journée, le Blé a accusé l'action de la gelée par un léger changement de teinte. Dans le haut de la parcelle, la moitié des épis étaient à ce moment sortis et la floraison commençait; l'épiaison était beaucoup moins avancée dans le bas. Elle a été partout considérablement ralentie à partir de ce jour. Une nouvelle gelée blanche, beaucoup plus légère que la première, sévit à nouveau sur toute la région le 18 avril. Les premiers épis atteints par la gelée sont apparus le 21 avril et leur sortie s'est régulièrement poursuivie jusqu'au 27, fin de l'épiaison.

---

(1) La plupart des renseignements utilisés dans le paragraphe qui suit nous ont été aimablement fournis par M. M. Jeagly, colon au Krib, qui prend soin de noter au jour le jour les observations faites dans ses cultures. Nous l'en remercions vivement.

Le 3 mai, lors de la visite du champ, les dégâts peuvent être estimés à 50 pour 100 de la récolte pour la moitié inférieure du champ. Il décroissent au fur et mesure qu'on s'éloigne de la partie basse, et ils sont absolument négligeables vers le haut.

Sur un Blé dur voisin dont l'épiaison débuta le 25 avril, on ne trouve que quelques rares épis détruits.

On peut tirer de l'ensemble de ces faits la conclusion suivante :

La gelée du 9 avril est seule responsable des dégâts. La gelée du 18 avril, beaucoup plus légère, est restée sans conséquences notables. En effet, les premiers épis malades apparaissent le 21 avril et leur sortie s'échelonne régulièrement sur huit jours. On ne peut donc discerner l'action de deux causes distinctes ayant agi à neuf jours d'intervalle. D'autre part, parmi les épis atteints qui sont sortis à partir du 21 avril, certains avaient été touchés par la gelée huit à dix jours avant l'époque de leur épiaison. Cette constatation permet de ne pas tenir compte de la gelée du 18 avril et de rapporter la totalité des dégâts à celle du 9 avril, d'ailleurs la plus forte.

Mais il n'est pas possible d'expliquer de façon satisfaisante l'irrégularité des dégâts sur les épis voisins et à plus forte raison dans un même épi. On pourrait supposer, *a priori*, que les épillets ne sont sensibles au froid qu'à des stades bien définis de leur développement et résistent aux autres. La floraison des différentes fleurs d'un même épi s'étage sur trois à huit jours d'après Percival (3), huit à dix jours d'après M. Séguéla (com. orale). Elle commence par les épillets placés un peu au-dessous du milieu de l'épi et se poursuit plus ou moins régulièrement à partir de ce point vers la base et vers le sommet. Cette différence d'évolution entre les différents épillets d'un même épi, apparente surtout au moment de la floraison, permettrait alors de comprendre que certains épillets soient tués alors que les autres poursuivent normalement leur développement. Mais l'hypothèse précédente, trop simple et qui ne suffit même pas à expliquer tous les cas particuliers (Pl. I, cas 5, par ex., pourtant très commun, et cas 7), est en contradiction avec ce fait que les épillets morts sont parvenus à des stades très divers de leur développement, correspondant à des différences d'évolution d'une quinzaine de jours. Il faut évidemment faire remarquer ici que l'état auquel on trouve les épillets n'est sans doute pas exactement identique à celui auquel ils se trouvaient au moment du gel. Le gonflement des parois des cellules fait supposer en effet qu'ils n'ont pas été tués immédiatement. On ne peut cependant attacher à cette remarque une très grande importance : la position variable de la tache jaune que l'on observe sur le dernier entre-nœud montre elle aussi que le gel a intéressé des épis très inégalement développés. L'hypothèse d'une courte période de sensibilité des épis à la gelée, qu'il faudrait obligatoirement placer entre dix et quinze jours avant l'épiaison, est enfin incompatible avec l'intensité des dégâts observés au Krib en 1929. Le 9 avril, au moment de la gelée, une bonne

moitié des épis étaient sortis dans la partie haute du champ. Quoique moins avancée dans le bas, l'épiaison était pourtant en cours. La proportion des épis se trouvant encore à dix ou quinze jours de l'épiaison était donc très faible (ce sont ces épis qui ont été complètement tués et ne sont pas sortis). Normalement, en effet, l'épiaison s'échelonne sur six à huit jours (d'après M. Séguéla). Au Krib, en raison de la température encore peu élevée du début du mois d'avril, elle était beaucoup plus lente. Mais comme, dans les parties les plus touchées de la parcelle, les dégâts ont atteint 60 pour 100 de la récolte au moins, il faut en déduire encore que la période de sensibilité des épillets à la gelée est de longue durée.

Il semble donc en définitive impossible d'expliquer l'irrégularité des dégâts et leur nature avec des arguments uniquement tirés de l'évolution du Blé. On est obligatoirement conduit à faire intervenir une répartition irrégulière de la température. La hauteur différente des épis au-dessus du sol est un des facteurs possibles de cette diversité. La protection contre le rayonnement nocturne puis contre le soleil que les chaumes exercent les uns sur les autres en constitue un autre autrement plus complexe. Mais la conclusion la plus nette qui se dégage de ce chapitre, c'est que la question ne peut être clairement résolue que par l'expérimentation directe ou par de nouvelles observations très précises.

Le froid s'exerçant au moment de la floraison paraît susceptible de déterminer la coulure. Un peu plus tard, pendant les premières phases du développement du grain, il peut provoquer la mort de ce dernier. C'est du moins ainsi qu'on s'explique les nombreux cas de stérilité partielle ou totale dont la variété de Blé tendre Florence a fourni de si nombreux exemples en Tunisie cette année (Pl. II, fig. 3, par ex.). Les lacunes et les épaississements des parois des cellules font ici totalement défaut. Les taches brunes des parties externes des glumes, des glumelles, du rachis et du chaume, que l'on trouve assez fréquemment, seraient dues à l'altération du parenchyme chlorophyllien de ces organes par la gelée, altération qui conditionne l'intervention secondaire de microorganismes divers, bactéries en particulier. Cette interprétation des faits laisse pourtant planer une certaine incertitude. Elle a pour elle sa très grande vraisemblance, l'impossibilité où l'on se trouve de faire intervenir d'autres causes, la présence dans les mêmes parcelles de rares épis typiquement gelés à des stades plus jeunes et la constatation de gelées de printemps au moment de la floraison. Bonnefoy signale d'autre part (Vivet, 10) la sensibilité des céréales à la gelée à cette période de leur développement, et enfin les dégâts que nous avons observés dans les Blés sont identiques à ceux que la gelée cause à l'Orge dans des conditions similaires.

Sur l'Orge, en effet, la gelée est incontestablement la cause de l'avortement des épillets tel qu'il se présente dans les cas envisagés ici (Pl. II, fig. 4). C'est l'avis unanime des agriculteurs, et les

échantillons récoltés dans la région du Kef proviennent de localités qui avaient subi l'action de gels tardifs détruisant une partie de la récolte des Blés durs (Pl. III). On ne trouve pourtant aucune lacune ni aucune autre lésion anatomique dues au gel.

Nous avons jusqu'ici très peu de données précises sur les températures nocives aux céréales au moment de l'épiaison. Pour Bonnefoy, cité par Vivet (10), une température de —1° suffit, que la plante soit en fleur ou que le grain commence à se former. Vivet indique d'autre part (12) que les températures enregistrées lors des gelées qui ont causé des dégâts aux cultures de céréales en Algérie ont été les suivantes :

1° En 1902, dans la plaine d'Eghris à Mascara, le 21 mai, le thermomètre minima donne —3°. Rendement de 2 à 3 quintaux à l'hectare au lieu de 12 à 15 quintaux escomptés;

2° En 1929, dans la région de Bel-Abbès, dans la plaine d'Eghris à Mascara et dans celle du Sersou, les minima ont varié de —3° à —5°, le 2 mai. Les dégâts ont été relativement faibles, la végétation étant tardive.

En Tunisie, nous n'avons pu trouver de relevés thermométriques s'appliquant exactement aux régions qui avaient été touchées par les gelées. Les chiffres que nous donnons ne s'appliquent qu'à des stations plus ou moins voisines et ne sont donc pas directement utilisables (1).

En 1928, où des dégâts sur Orge et Blé dur étaient constatés en différents points de la région du Kef, la température la plus basse enregistrée par le poste météorologique du Kef est de +3°4 le 25 avril (+6°2 le 23, +4°2 le 24, +3°4 le 25, +9°8 le 26). C'est à ce moment-là que les agriculteurs de la région ont constaté des gelées blanches. Pourtant, M. Pico nous indique que ses céréales ont gelé dans la nuit du 14 au 15 avril, dans la région d'Ebba-Ksour. Les minima enregistrés au Kef sont alors : + 10°4 le 14, ? le 15 et +13°6 le 16. Ceux enregistrés à Mactar sont +8°0 le 14, +9° le 15 et +6° le 16. La température minima du 15 au Kef n'a pas dû être bien différente de celles du 14 et du 16, étant donnés les chiffres fournis par une station plus froide, celle de Mactar.

En 1929, les températures enregistrées en avril ont été beaucoup plus basses. Au Kef, on note +2°4 le 8 avril et +5°2 le 9, au moment de la première gelée du Krib (à 50 km. du Kef); on note encore +6°2 le 18 et +3°8 le 19, au moment de la deuxième gelée. La station de Mactar, à une distance comparable du Krib, fournit respectivement —1°0 le 8 et 0°0 le 9 avril, +3°0 le 18 et +2°0 le 19. Le minima du mois atteint même —2°0 le 5 avril, et dans la période du 1er au 10 avril, le minima le plus élevé ne dépasse pas

(1) Nous devons ces chiffres à l'obligeance de M. Ginestous, chef du Service Météorologique, et de son successeur, M. Lacroux, que nous remercions bien sincèrement.

+2° (le 6 avril). Le début d'avril 1929 a donc été très froid dans cette région.

Dans les régions à faible altitude de la Tunisie où on a constaté l'avortement des épillets dans la variété Florence, on a enregistré des minima de +2°0 le 8 avril à Djedeïda, +1°0 le 9 avril à Medjez-el-Bab. Les Blés en question avaient épié à ce moment-là, puisque leur floraison était terminée depuis quelque temps à la fin du mois d'avril et que la moisson des Orges de Tripoli, dont certaines parcelles avaient également été endommagées par la gelée, était même commencée.

Tous les chiffres fournis se rapportent à des températures relevées sous abri et à une certaine hauteur au-dessus du sol. Ils sont par conséquent incapables de nous fournir les températures auxquelles ont été soumises les plantes gelées. Il y a en effet, entre les minima sous abri et les minima à l'air libre à la surface du sol ou à son voisinage immédiat, des différences très variables. Dans les périodes de gelées, les minima au sol à l'air libre sont habituellement inférieurs de 2 à 5° aux minima fournis par le thermomètre sous abri à 2 mètres de hauteur. Mais, dans certaines circonstances, ces différences s'accentuent, atteignent et dépassent même 10°. Nous n'avons donc fourni les chiffres ci-dessus qu'à titre indicatif et en attendant que les températures réelles aient pu être enregistrées.

IMPORTANCE — CONCLUSIONS PRATIQUES

Les gelées de printemps se produisant autour de l'époque de l'épiaison peuvent causer dans les cultures de céréales des dégâts importants. Aux Etats-Unis, en 1919, la réduction de la récolte du Blé atteignit 5 à 7 pour 100 dans l'état de Washington, elle resta de l'ordre du 1 pour 100 dans celui de l'Idaho. Mais, dans l'un et dans l'autre Etats, quelques champs furent complètement détruits par la gelée (9).

En Algérie, en 1882, une gelée survenue dans les premiers jours de juin détruisit à peu près complètement la récolte de Blé de la région de Sétif et ne laissa que 1 quintal par hectare (2). En 1902, Ryff a signalé dans la même région que, courant mai, plusieurs gelées réduisirent la récolte du Blé et de l'Orge de moitié dans son ensemble et la détruisirent complètement dans les bas-fonds (d'après Vivet, 10). La même année, dans la plaine d'Eghris à Mascara, les rendements furent réduits à 2-3 quintaux à l'hectare (au lieu de 12 à 15 escomptés) par la gelée du 21 avril (10). En 1928, les gelées de la deuxième quinzaine d'avril firent baisser les rendements de plus de moitié dans la région de Bel-Abbès, dans le Sersou, dans le Sud de l'arrondissement de Sétif et dans une partie de celui de Batna, c'est-à-dire dans les régions à altitude déjà élevée (12). Les dégâts furent moins sensibles en 1929, à la suite de la gelée du 2 mai, qui

porta sur des céréales à végétation moins avancée (Bel-Abbès, plaine d'Eghris à Mascara, Sersou) (12).

En Tunisie, en 1928, des gelées qui se produisirent dans la deuxième quinzaine d'avril dans les régions du Kef, d'Ebba-Ksour et de Mactar détruisent par place, dans les bas-fonds, une bonne partie des cultures d'Orge et de Blé dur. Des champs d'Orge furent coupés en vert, ceux que l'on moissonna fournirent des rendements de 2 quintaux à l'hectare. Les Blés durs donnèrent 3 quintaux dans des parcelles où la récolte s'annonçait superbe (d'après M. Picq, colon à Ebba-Ksour, *in lit.*).

En 1929, dans la région du Krib, une parcelle de 13 hectares de Blé tendre (Irakié) est partiellement touchée par la gelée du 9 avril. La partie haute du champ, à peine endommagée, a fourni au battage, sur 6 hectares, un rendement de 31,5 quintaux à l'hectare. La partie basse n'a donné, sur 7 hectares, que 19,7 quintaux à l'hectare. La perte a donc été dans son ensemble de 40 pour 100; elle dépassait certainement 60 pour 100 dans les parties les plus touchées de la parcelle. La même année, la gelée doit être rendue responsable de très nombreux cas d'avortement des épillets de Blé ou d'Orge observés en différents points de la Tunisie. Les pertes n'ont pas été chiffrées, mais elles dépassaient dans de nombreuses parcelles la proportion de 50 pour 100.

Les gelées tardives des céréales sont donc des phénomènes qui ne peuvent pas être négligés, en Afrique du Nord tout particulièrement. Elles intéressent surtout les régions d'altitude élevée, où elles arrivent trop souvent à diminuer les récoltes de Blé dur, de Blé tendre ou d'Orge dans des proportions considérables. Ce sont par conséquent des accidents dont il importe de prévoir l'éventualité dans de pareilles régions, et l'étude des moyens propres à rendre inoffensives ces gelées tardives est intéressante.

Il ne faut évidement pas songer, semble-t-il, à l'emploi de nuages artificiels pour lutter contre le refroidissement nocturne, aux périodes où les gelées sont à craindre. La sélection de variétés de Blé ou d'Orge résistantes au froid constitue par contre la solution qui s'impose à l'esprit au premier abord. Dans cet ordre d'idées, de nombreuses stations de génétique sont à l'heure actuelle préoccupées de donner aux régions à hivers rigoureux des variétés de céréales qui résistent à des températures basses persistantes. Mais il paraît beaucoup plus difficile de déceler, si elles existent, les variétés de céréales susceptibles de résister à des abaissements accidentels et de faible durée de la température au printemps, plus aléatoire encore de créer de telles variétés si elles n'existent pas. Il faut pourtant retenir à ce sujet que le Blé de la variété Langlois se serait montré particulièrement résistant aux gelées de printemps en Algérie (10). Bien que difficile, le problème n'est donc pas insoluble, et il mérite d'être pris en considération dans les fermes expé-

rimentales des régions à altitude élevée, où les gelées de printemps sont plus fréquentes. Mais comme on ne saurait attendre de ce côté des résultats rapides, il faut pour l'instant se contenter d'aborder le problème du point de vue cultural. Les gelées de printemps ne sont préjudiciables à la récolte que si elles surviennent à un moment où les céréales sont particulièrement sensibles au froid. Pour le Blé (Blé dur et Blé tendre), cette période de sensibilité au froid commence quinze jours avant l'épiaison et prend fin lorsque le grain est bien formé. Vivet (12) suppose en effet que les céréales sont à partir de ce moment hors d'atteinte du froid et le fait que les Blés tendres n'ont pas souffert en 1928 dans la région du Kef, alors que les Blés durs, plus tardifs, ont été très touchés, est favorable à cette interprétation. Pour l'Orge, le gel des épis dans la gaine ne paraît jusqu'ici pas avoir été signalé. La période de sensibilité commencerait donc à l'épiaison et prendrait fin, comme dans le cas du Blé, lorsque le grain est bien formé. Il faut, en définitive, que, à la période où se produisent habituellement les gelées de printemps, les Blés aient déjà leurs grains à l'état laiteux ou qu'ils se trouvent encore à plus de 15 jours de l'épiaison. Vivet, pour l'Algérie, propose de réaliser la première condition en choisissant pour les hautes plaines des variétés très précoces ayant leur grain bien formé vers le 15 avril (12). Il remarque pourtant que, à la station expérimentale de Aïn-el-Hadjar, à 1.200 mètres d'altitude, les Blés très précoces gèlent chaque année. L'emploi de variétés très précoces ne peut en effet fournir des résultats que si la période des gelées de printemps, qui comprend la deuxième quinzaine d'avril et la première quinzaine de mai dans les régions envisagées de l'Algérie, est régulièrement précédée, du 15 mars au 15 avril, d'une période de beau temps sans gelées, favorable à l'épiaison et à la floraison. C'est là une condition essentielle qui en réduit beaucoup la portée. Aussi, pour limiter les dégâts dus aux gelées en Tunisie, nous pensons qu'il est préférable d'éviter au contraire une épiaison trop précoce. Les variétés de céréales très précoces ne devront être, au début, que prudemment adoptées dans les régions à altitude élevée, et on devra surtout éviter de leur réserver les bas-fonds, les dépressions, où les gelées sont particulièrement dangereuses. Lorsque l'adaptation à une région de ces nouvelles variétés précoces, dont l'intérêt est considérable, aura été ainsi bien vérifiée, il faudra toujours éviter de les semer trop tôt à l'automne, pour ne pas exagérer artificiellement leur précocité. Cette précocité artificielle qui résulte de semailles hâtives est en effet plus dangereuse qu'utile. Elle ne permet plus à la céréale d'utiliser la totalité de la période végétative que lui accorde le climat et elle la met à la merci des gelées de printemps. Là, plus qu'ailleurs, la règle indiquée par l'un de nous devra être scrupuleusement observée : semailles des variétés précoces après le 15 novembre seulement.

Ce n'est évidemment pas là une garantie absolue contre les gelées de printemps, puisque ces dernières se produisent parfois suffisam-

ment tard pour endommager les Blés durs pourtant tardifs, mais on ne saurait en pareille matière parer à toutes les éventualités. Il faut se contenter de se prémunir contre les plus fréquentes.

RESUME

Les gelées tardives de printemps survenant au moment de l'épiaison des céréales peuvent causer des dégâts sérieux dans les cultures de Blé tendre, de Blé dur et d'Orge.

Sur le Blé tendre, les épillets peuvent être tués à des stades très divers de leur développement. La période de sensibilité du Blé tendre à la gelée s'étend en effet depuis une quinzaine de jours avant l'épiaison jusqu'au moment où le grain est déjà bien formé.

Tous les épillets d'un même épi, ou une partie seulement, peuvent être tués par la gelée. Dans le dernier cas, la répartition des épillets morts par rapport aux épillets fertiles est quelconque (Pl. I).

Les épis complètement détruits de très bonne heure, une quinzaine de jours avant l'épiaison, restent inclus dans les gaines des feuilles. Les autres se dégagent et apparaissent alors avec leurs caractères définitifs (Pl. I). Lorsque le gel se produit après l'épiaison, au moment de la floraison ou après, les enveloppes des épillets gardent leur aspect normal et le froid détermine seulement l'avortement de la fleur ou la dessiccation du jeune grain (Pl. II, fig. 3).

Lorsque le gel se produit avant l'épiaison, il détermine souvent la formation, au-dessous de l'épi, d'une tache jaune qui circonscrit complètement le dernier entre-nœud du chaume (Pl. I, en 6 et 7). Lorsqu'il se produit au moment de la floraison ou après, le parenchyme chlorophyllien des glumes, du rachis ou du chaume peut être altéré. Il brunit et se laisse envahir par divers microorganismes dont le plus fréquent est une bactérie indéterminée.

Les Blés durs sont sensibles à la gelée à peu près dans les mêmes conditions que les Blés tendres (Pl. III). Nous n'avons pourtant pas rencontré de Blés durs gelés au moment de la floraison ou au début du développement du grain.

Les grains d'Orge peuvent être tués par la gelée après la floraison, au début de leur développement. Comme dans le cas du Blé tendre, les grains ainsi détruits sont très irrégulièrement répartis dans l'épi (Pl. II, fig. 4). Nous n'avons jamais observé le gel des épis d'Orge avant l'épiaison.

Des dégâts comparables à ceux que nous avons observés en Tunisie ont été antérieurement signalés en Allemagne sur le Seigle, aux Etats-Unis sur le Blé et en Algérie sur le Blé et l'Orge.

Les tissus qui ont été soumis à l'action du froid, au moment où ils étaient encore en grande partie parenchymateux, ont les parois de leurs cellules irrégulièrement épaissies (fig. 1, 2 et 3). Ces épaississements anormaux des parois cellulaires ont été antérieurement décrits comme consécutifs à la gelée chez le Seigle et chez la Vigne.

Ils ne peuvent pourtant pas être utilisés pour diagnostiquer d'une façon certaine l'action de la gelée sur des tissus jeunes, puisqu'on les trouve de façon normale dans le liber de l'Abricotier par exemple.

Lorsque les épis ont été surpris par la gelée au plus tard au moment de l'épiaison, leur rachis montre l'existence de lacunes qui caractérisent bien l'action de la gelée. Si cette dernière a été plus tardive, elle ne s'accompagne plus d'aucune modification anatomique, ni chez le Blé, ni chez l'Orge.

La gelée est la cause initiale des dégâts signalés, dont il n'est pourtant pas possible d'expliquer de façon satisfaisante l'irrégularité. Nous manquons de renseignements précis sur les températures nocives.

L'importance des dégâts dus à la gelée peut aller jusqu'à la destruction à peu près totale de la récolte. Mais les dégâts restent localisés. Ce sont les bas-fonds, dans les régions d'altitude élevée, qui sont le plus souvent touchés. La fréquence des gelées tardives des céréales paraît devoir s'accroître au fur et à mesure que la culture des variétés de Blé précoces prend plus d'importance.

La recherche de variétés de Blé résistantes aux gelées de printemps paraît difficile. Il n'est pourtant pas interdit d'en attendre à la longue des résultats intéressants. Mais il faut surtout chercher à se mettre à l'abri des gelées de printemps par des méthodes culturales appropriées. L'emploi de variétés très précoces ne peut être avantageux à ce point de vue que dans des circonstances bien définies qui doivent être rarement réalisées. Il y a plus généralement intérêt à retarder le plus possible (l'échaudage constitue l'autre danger à éviter) l'époque d'épiaison des céréales dans les régions habituellement soumises à des gels tardifs. Il faudra réserver les bas-fonds aux variétés les plus tardives, n'adopter que prudemment, et après essais, les nouvelles variétés précoces, et éviter toujours de semer ces dernières avant le 15 novembre.

***

BIBLIOGRAPHIE

A. — Ouvrages généraux

1. 1895 — Franck (A.B.). — Krankheiten der Pflanzen, 2e éd., I, p. 203.
2. 1900 — Varlet (J.). — Les céréales d'Algérie, p. 93.
3. 1921 — Percival (J.). — The Wheat plant.
4. 1924 — Sorauer (P.). — Handbuch der Pflanzenkrankheiten, 5e éd., T. I, p. 564-571, 4 fig.
5. 1926 — Heald (F.D.). — Manual of Plant diseases, p. 154, 1 fig.

B. — Publications périodiques

6. 1903 — Sorauer (P.). — Uber Frostbeschädigungen am Getreide und damit in Verbindung stehende Pilzkrankheiten (*Landw. Jahrbücher*, p. 1-68, IV Pl.).

7. 1907 — Hegy (D. Von). — Gekräuselte Gerstenähren (*Zeitsch. f. Planzenkrankh.*, XVII, p. 334-337, 2 fig.).

8. 1914 — Sorauer (P.). — Altes und Neues über die mechanischen Frostbeschädigungen (*Zeitsch. f. Pflanzenkrankh.*, XXIV, p. 65-76, III Pl.).

9 1920. — *The Plant diseases bulletin — U. S. Dep. of Agric.* Supplément 8, p. 37.

10. 1928 — Vivet (E.). — Les gelées tardives de printemps et les céréales (*Rev. Agric. de l'Afrique du Nord*, XIX, p. 465-467).

11. 1929 — Branas (M.). — Quelques effets curieux de la gelée du 24 avril 1928 (*Progrès Agr. et Vitic.*, XCII, p. 34-40 et p. 185-192, 15 fig.).

12. 1929 — Vivet (E.). — Action des gelées d'hiver et de printemps sur les Blés (*Rev. Agric. de l'Afrique du Nord*, XX, p. 365-366).

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I

Fig. 1 et 2. — Epis de Blé tendre de la variété Irakié atteints par la gelée avant ou au plus tard juste au moment de l'épiaison. Le Krib, gelée du 9 avril 1929. Echantillons récoltés le 3 mai 1929. Grandeur naturelle.

N. — Epi normal.

1. — Epi totalement détruit de très bonne heure. Les épillets ont tous été tués au stade *a* (se reporter au texte). Le dernier entrenœud s'est tout de même allongé par la suite et l'épi est totalement sorti de la gaine de la dernière feuille. Le gel s'est produit une dizaine de jours environ avant l'épiaison, d'après l'état de développement des épillets.

2. — Epi totalement détruit. Les épillets du sommet et quelques-uns de ceux de la base ont été tués au stade *a*. Ceux insérés au-dessous du milieu sont un peu plus développés et ont atteint le stade *b*. L'épi était complètement dégagé de la gaine de la feuille.

3. — Epi totalement détruit. Epillets de la base au stade *b*, ceux du sommet au stade *c*. Epi à peine dégagé de la gaine de la dernière feuille.

4. — Epi totalement détruit. Epillets du sommet au stade *b*, épillets de la base et du milieu au stade *c*. Epi incomplètement dégagé de la gaine de la dernière feuille.

5. — Epi partiellement détruit par la gelée une dizaine de jours avant l'épiaison, d'après l'état de développement des épillets (stade *a*). Les épillets de la moitié supérieure ont continué leur développement et ont mûri normalement leurs grains. Ce cas est très commun.

6. — Epi partiellement détruit par la gelée. Les épillets de la base ont été tués au stade *a*, ceux du sommet au stade *b*. Ceux de la région moyenne se sont normalement développés. Quelques épillets forment transition entre ces derniers et les épillets du haut tués au stade *b*. Au-dessous de l'épi, sur le chaume, tache jaune de 1 centimètre environ, très apparente (en clair sur la photographie).

7. — Epi partiellement détruit par la gelée. A la base, quelques épillets tués au stade *a*, puis deux épillets normaux. Au-dessus, groupe d'épillets tués au stade *b*, puis à nouveau quatre épillets normaux. Le dernier épillet est presque normalement développé, mais il ne renferme pas de grain et il a blanchi. Sur le chaume, au-dessous de l'épi, tache jaune comme dans le cas précédent.

8. — Epi partiellement détruit par la gelée. Seuls les épillets placés un peu au-dessus du milieu ont été tués au stade *b*.

Planche II

Fig. 3. — Epis de Blé tendre de la variété Florence atteints par la gelée juste avant ou peu de temps après la floraison. Région du Kef. Echantillons récoltés en juin 1929. Grandeur naturelle.

1. — Tous les épillets du sommet de l'épi, au-dessus de N, sont vides. Les glumes et les glumelles sont normalement développées et ont gardé leur teinte normale. Elles renferment des étamines tuées avant toute déhiscence des anthères ou de très jeunes ovaires qui se sont desséchés peu de temps après la floraison. Epi vu de face.

2. — La plupart des épillets sont normalement développés. Quelques-uns, disséminés le long de l'épi, ne renferment qu'un seul grain (au voisinage de 0) ou même pas du tout. Epi vu de face.

3. — Epi comparable au N° 1, mais vu de profil. Les épillets du haut, au-dessus de P, sont vides.

Fig. 4. — Epis d'Orge atteints par la gelée après la floraison, dans la période de croissance du grain. Région du Kef. — Echantillons récoltés en mai 1928. Grandeur naturelle.

1. — Les épillets de la base, jusqu'en *a*, ont seuls été détruits.

2. — Tous les épillets ont été tués, à l'exception d'un rang d'épillets, en *b*, dont le développement a été normal.

3. — Presque tous les épillets ont été tués. Seuls quelques-uns se sont normalement développés, au niveau de *c*.

Planche III

Fig. 5 et 6. — Epis de Blé dur atteints par la gelée dans les quinze jours qui précèdent l'épiaison. Région du Kef. Echantillons récoltés en mai 1928. Grandeur naturelle.

1. — Epi tué une quinzaine de jours avant l'épiaison. Le dernier entre-nœud ne s'est pas développé et l'épi mort est resté complètement caché dans les gaines des feuilles, qui ont été enlevées dans la photographie. L'épi a atteint environ le tiers de sa longueur définitive. Ce stade est le plus précoce que nous ayons observé où les épis de Blé ont été détruits par la gelée.

2. — L'épi tué par la gelée s'est incomplètement dégagé de la gaine de la dernière feuille et s'est irrégulièrement replié sur lui-même.

3. — L'épi, tué par la gelée avant l'épiaison, n'est pas arrivé par la suite à se dégager entièrement de la gaine de la dernière feuille.

4. — Epi entièrement détruit par la gelée et complètement dégagé de la gaine de la dernière feuille. Les épillets du bas sont morts très jeunes, au stade *a*. Ceux du haut sont nettement plus développés et ont atteint le stade *b*.

5. — Epi partiellement détruit par la gelée. Les épillets de la base et du milieu se sont normalement développés. Ceux du haut ont été tués peu de temps avant l'épiaison.

6. — Epi presque entièrement détruit par la gelée une dizaine de jours avant l'épiaison. Un seul épillet a résisté à la base et s'est normalement développé.

7. — Epi presque entièrement détruit par la gelée à un stade de son développement un peu plus avancé que le précédent. Un seul épillet encore a résisté au milieu.

8. — Epi partiellement détruit par la gelée. Il est tout à fait comparable au N° 4, mais quelques épillets situés juste au-dessous du sommet se sont normalement développés. L'épillet terminal est gelé.

N.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Effets du gel sur les céréales	80
Blé tendre	80
Blé dur	86
Orge	87
Caractères anatomiques des tissus gelés	88
Interprétation des faits	92
Conclusions. — Importance pratique	97
Résumé	100
Bibliographie	101
Explication des planches	102

L. YANKOVITCH

Les Terres du Service Botanique de Tunisie

à L'Ariana

Le premier travail du Laboratoire de chimie au Service Botanique fut de se rendre compte de la nature des terres du domaine du Service. En effet, aucune expérience avec les engrais, ni les plantes, n'est valable si l'on ne peut pas préciser les conditions dans lesquelles cette expérience a été effectuée.

Les échantillons des terres ont été prélevés au milieu de chaque champ, — parfois deux dans le même champ si sa composition était supposée inégale, — de manière à constituer un réseau couvrant toute la ferme. Les endroits des prélèvements sont indiqués sur les plans ci-joints.

I. — Analyse physique

Pour l'analyse physique des terres, nous avons appliqué la méthode exposée dans le classique ouvrage de LAGATU et SICARD. Tout en conservant le principe, de légères modifications ont été apportées pour simplifier le travail et le rendre plus expéditif. Ainsi, les matières organiques sont dosées dans leur ensemble, sans les doser à part, dans le gros sable, le sable fin et l'argile. Enfin, l'argile est trouvée par la différence 1.000 — (S. g. S. + S. g. C. + S. f. S. + S. f. C.) = Argile + organiques.

Le dosage de la matière organique est fait de la façon suivante : 2 gr. 5 de terre sont mis dans un verre et traités par l'acide chlorhydrique, pour détruire le calcaire; après quelques décantations suivies de repos, on fait passer le résidu sur un filtre sans cendres, soigneusement taré; on lave, on dessèche, on pèse; on connaît le poids avant la calcination, on calcine; on peut déterminer le poids après la calcination. La différence est prise égale à 1/10 du poids de l'argile + les matières organiques totales.

Cette méthode n'est pas très précise (une partie des matières organiques est soluble dans l'acide chlorhydrique; la calcination parfaite demande une chaleur élevée et une durée suffisante); mais elle l'est plus que celle par la calcination directe, où l'on ne peut jamais calciner à une température inférieure à 800° sans décomposition partielle du calcaire; par contre, en opérant à des températures supérieures à 800°, on risque de ne pas finir la décomposition du calcai-

re, vu que la terre est un mauvais conducteur de chaleur et que le chauffage peut ne pas être suffisant.

Les résultats de l'analyse physique sont donnés dans le tableau 1. (Le dosage de l'humus et des matières organiques laisse un peu à désirer.)

Ces chiffres permettent l'établissement d'un plan de la distribution de l'argile et du sable fin calcaire dans le sol et le sous-sol de la ferme.

L'établissement de ces plans comporte trois suppositions :

1. Les endroits des prélèvements des échantillons sont supposés représenter bien la moyenne des quelques ares où ils sont pris;

2. La teneur obtenue est regardée comme un maximum, si elle est la plus élevée de tous les chiffres; et comme un minimum dans le cas inverse;

3. La ligne de séparation passe à une distance proportionnelle aux écarts de la valeur qu'elle représente avec les deux points choisis. Ainsi, si les points A et B sont à 300 mètres l'un de l'autre et contiennent respectivement 18 et 24 % d'argile, la ligne qui représente la teneur de 20 % passera à $\frac{300 \times 2}{6} = 100$ mètres de A et à 200 mètres de B.

Ce sont des hypothèses qui, *a priori*, ne sont pas justes; mais elles permettent de représenter les choses graphiquement, en facilitant ainsi la compréhension et l'interprétation ultérieure; il faut se rappeler que les lignes de séparation n'ont qu'une valeur indicative et ne représentent pas les limites réelles.

En appliquant cette méthode, on obtient les plans qui sont représentés par les figures 1, 2, 3 et 4.

En se guidant sur la nomenclature des terres de Lagatu et en ne considérant comme calcaire que le sable fin calcaire seul, on doit appeler les terres des endroits 1, 2 et 13 argilo-silico-calcaires. Le sous-sol 2 porte le même nom; les nos 1 et 13 sont calcaro-argilo-siliceux; au point 10, le sol est argilo-silico-calcaire, le sous-sol est argilo-calcaro-siliceux.

Le champ correspondant aux nos 3 et 4 a le sol argilo-calcaro-siliceux, à la limite d'être incultivable; le sous-sol est argilo-calcaro-siliceux incultivable (1).

Enfin, le restant des terres (les nos 7, 8, 11, 12, 15, 16 et 17) a un sol argilo-calcaire et le sous-sol de même nature.

Si l'on veut caractériser l'ensemble des terres du Service Botanique et en tenant compte également du gros sable calcaire (c'est ce qui se fait d'habitude), on peut appeler ces terres argilo-calcaires tout court.

---

(1) Les sols contenant plus de 40 % d'argile sont considérés comme incultivables. Cependant, j'ai rencontré des terres pareilles à la ferme d'Oued-Smar, appartenant à l'I. A. A., où le calcaire est absent dans le sol et où on les destine à la culture de luzerne. Au Service Botanique il y a du calcaire et de la matière organique; c'est ce qui permet, probablement, une exploitation.

TABLEAU I. — Analyse physique des terres du Service Botanique

N°s	PROFONDEUR EN CENTIMÈTRES	DANS 1 KILO DE TERRE BRUTE			ANALYSE PHYSIQUE ‰ DE TERRE FINE					HUMUS
		CAILLOUX	GRAVIER	LEUR NATURE	CALCAIRE TOTAL	SABLE GROSSIER SILICEUX	SABLE GROSSIER CALCAIRE	SABLE FIN SILICEUX	SABLE FIN CALCAIRE	ARGILE — ORGANIQUES
1	0 — 30		21	Calc.	323	255	119	136	204	270 16
	30 — 60		4	Calc. briq.	417,5	208	22	138	395,5	236,5
2	0 — 30	22	17,5	Calc.	315,5	294	131	155	184,5	219,5 16
	30 — 60		16	Calc. coq.	312,5	115	117	116	197,5	454,5
3	0 — 30		5	Calc.	200	129	45	181	155	470 20
	30 — 60		3,6	Calc. coq. briq.	207	85	31	168	176	540
4	0 — 30	37	37	Calc.	287	208	91	138	196	346 21
	30 — 60		22,7	Calc. coq. briq.	338	150	74	93	264	419
5	0 — 30	47	59	Calc. coq. briq.	297	293	134	130	163	295 21
	30 — 60		44,3	Briq. calc. coq.	383	159	119	90	264	368
6	0 — 30	68	35	Calc. coq. briq.	312,5	300	126	111	186,5	256,5 20
	30 — 60		90	Calc. coq.	416	251	91	77	325	256
7	0 — 30		11,2	Calc.	348,5	127	68,5	182	280	318,5 24
	30 — 60		4,0	Calc.	363	125	63	138	300	332 42
8	0 — 30	28	24,5	Calc. coq. briq.	321	272	114	127	207	259 21
	30 — 60		11	— — —	380	208	95	119	285	259 34
9	0 — 30	52	17	Calc. coq. briq.	355,7	179	77	153	278,7	287,5 25
	30 — 60		7,5		391	142	66	137	325	283 38
10	0 — 30	55	28	Calc.	342,5	273	189	170	153,5	184,5 30
	30 — 60	4	14	Calc.	388	200	113	148	275	231 33
11	0 — 30	54	22	Calc. briq.	375	217,5	120	160	255	231 17,5
	30 — 60	7,2	14	Calc.	403	180,5	100	125	303	279 12,5
12	0 — 30	7	19,5	Calc. coq. briq.	344,5	181	93	167	251,5	274,5 33,0
13	0 — 28	52	44	Calc. coq. briq.	330	223,5	93	165	237	246,5 35
	28 — 60	16	35	— — —	366,6	289	14	122,5	352,6	222
14	0 — 18		21,1	Calc. briq. ciment.	434	62,5	36,5	171	397,5	332,5
	30 — 60				377,5	203	253,5	219	124	200,5
15	0 — 30		16	Calc. briq. *Silic*	366	114	49	205	317	315
	30 — 60		5	— — —	361	110	49	182	312	347
	60 — 90		30	— — —	326,5	196	51	153	275,5	324,5
16	0 — 30		18	Calc. bric.	327,5	87,5	36,5	160	291	425
	30 — 60		0		335	84	37	180,5	298	400,5
	60 — 90		4,25	— —	318	70	32	154	286	458
17	0 — 30		5,76	Calc. coq. briq.	391	131	80	200	311	278
	30 — 60		3	Calc.	408	124	73	184	335	284

Il résulte de l'examen de ces plans que les terres sont assez hétérogènes. Le cas est général pour la plupart des terres quaternaires récentes dont la formation est sous l'influence de plusieurs facteurs. Les vents déposent les poussières plus ou moins fines. Les pluies provoquent les inondations qui enlèvent les particules fines des endroits quelque peu accidentés pour les déposer dans les endroits plus bas; enfin, l'homme, qui depuis plus de vingt siècles y fait des cultures différentes, irriguées ou non, intervient aussi pour modifier localement leur composition.

Le champ correspondant aux endroits 1 et 2 semble être le plus hétérogène de tous. Sans tenir compte des emplacements des vieilles constructions dont l'endroit est bien marqué sur le terrain, on voit que le sable fin calcaire du sous-sol varie de 18 à plus de 35 % dans la direction S.E.-N.O. En même temps, l'argile du sous-sol suit un accroissement de même ordre de l'Ouest à l'Est. Le sol varie moins, et la direction de la variation semble être un peu différente. On voit que la superposition de ces deux facteurs de variation donne une multitude de parcelles qui, tout en restant sensiblement argilo-calcaires, se distinguent nettement. C'est là une des causes des rendements très inégaux qu'on y observe.

Il est inutile d'insister sur l'hétérogénéité de chaque champ à part : elle résulte d'une simple inspection des plans.

Il est à remarquer que les variations les plus faibles correspondent aux numéros 7, 11, 12, 16 et 17. Certes, ces terres sont plus argileuses et plus calcaires que certaines autres; le travail y serait plus difficile et plus sous la dépendance du temps qu'il fait.

Quant au n° 10, il conviendrait mieux si l'on ne craignait pas une assez sensible différence dans la teneur du sol et du sous-sol en sable fin calcaire. Le blé dur de 1928-1929 a une teinte égale sur toute son étendue.

Avant de laisser cette étude de la composition physique des terres du Service Botanique, il est utile de faire ressortir un phénomène général qui s'observe assez régulièrement à L'Ariana et encore mieux à Oued-Smar (Maison-Carrée).

Ce phénomène est relatif à une composition différente du sol et du sous-sol de même nature. Le sol est toujours plus riche en éléments grossiers, et le sous-sol en éléments fins, comme le montrent les chiffres qui suivent :

Différence entre sol et sous-sol (composition physique)

Profondeur des prélèvements	Calcaire total	Gr. sable siliceux	Gr. sable calcaire	Sable fin siliceux	Sable fin calcaire	Argile et Organiques
a) 10 - 30	326.1	207	98	158	228	309
b) 30 - 60	364.6	162	71	135	294	338
Différence a) - b)	—38.5	45	27	23	—66	—29

Les numéros 12 et 14 n'interviennent pas dans l'établissement de la moyenne.

L'explication du phénomène est simple.

Dans les terres pauvres en calcaire, l'argile mouillée par les pluies passe à l'état colloïdal et est entraînée dans le sous-sol; d'autre part, les labours par temps sec et avec du vent contribuent au départ des particules les plus fines. Tout le monde peut voir derrière un instrument agricole un nuage de poussières balayé par le vent.

Dans les terres calcaires, l'entraînement de l'argile par la pluie devrait être plus faible; par contre, l'entraînement par le vent semble être plus facile. Quant au calcaire, il se dissout partiellement dans l'eau de pluie et passe dans le sous-sol. Comme la capillarité des terres n'arrive pas à restituer au sol ses pertes, il s'appauvrit progressivement.

Certains défauts sont faciles à corriger : une terre de bonne constitution, mais manquant de calcaire, peut être « réparée » par un chaulage ou une application de craie. Mais il y a des cas où la correction est plus difficile ou même impossible.

Les terres du Service Botanique manquent un peu d'éléments grossiers; par contre, elles sont trop argileuses et trop calcaires en même temps. Les deux éléments contraires sont en force égale. C'est bien pour l'agriculteur; il n'a qu'à soigner ces terres par le contrôle des matières organiques qui, pour notre cas, sont très utiles.

La ferme de l'Institut Agricole d'Algérie à Berteaux a des terres de même composition physique, mais un peu plus riches en matières organiques. On les considère comme des terres très bonnes, mais qui donnent souvent des récoltes déficitaires à cause de l'échaudage. Elles sont moins profondes que les terres du Service Botanique de Tunisie; une plaque de tuf très résistant est à une profondeur variable, de $1^{m}50$ et plus jusqu'à 40-50 cm. de la surface du sol.

Au Service Botanique, on rencontre un lit de lumachelle ou de tuf, au S.-E. du point 2, à une profondeur de 45-50 cm.; aucun sondage de 60 à 90 cm. de ceux qui ont été faits (et qui sont indiqués sur les plans) n'a été arrêté par le tuf.

Vu la profondeur plus grande des terres, l'atmosphère plus humide et l'assolement sensiblement biennal, on peut penser que les terres du Service Botanique sont aptes à donner un rendement plus élevé et plus régulier que celui des terres de Berteaux.

II. — Analyse chimique

Méthodes employées :

Le dosage de l'azote est fait par la méthode de Kjeldahl; le titrage est effectué en présence de Rouge de Méthyle qui, tout en donnant des résultats aussi exacts que le Méthylorange, a l'avantage de virer beaucoup plus nettement.

La teneur en chaux est obtenue en multipliant la teneur en calcaire déterminée au calcimètre Bernard par le coefficient 0,56.

Les dosages de l'acide phosphorique, de la potasse et magnésie sont effectués en observant les prescriptions des « Analyses des terres » de LAGATU et SICARD, avec cette différence que la terre n'a pas subi la calcination.

Le précipité phosphomolybdique a été isolé dans un creuset, de Gooch, pour éviter le contact du papier-filtre, qui réagit sur le précipité.

Tous les lavages des précipités qu'on isole pour les jeter ensuite, chaque fois que la possibilité se présentait, ont été supprimés grâce au prélèvement d'un volume de filtrat connu, le volume initial étant également connu. Cette modification permet de gagner tout le temps des lavages des précipités inutiles; c'est ce qui permet de marcher beaucoup plus vite sans nuire à la précision du dosage, si l'absorption de l'élément qu'on dose ne se produit pas pendant la précipitation des éléments inutiles.

Le dosage de la potasse est fait par la méthode à l'acide perchlorique.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LA PORTÉE DE L'ANALYSE CHIMIQUE :

L'analyse chimique officielle nous renseigne sur la quantité totale d'un élément donné dans un sol donné. Ce chiffre, par lui-même, n'a aucune valeur agricole précise. On connaît des exemples nombreux de terres où un élément qui se montre abondant provoque cependant une augmentation sensible de la récolte, lorsqu'on l'ajoute sous forme d'engrais assimilable.

Ces analyses, cependant, ne sont pas inutiles. Connaissant les principaux types de terres d'une région donnée, ayant ensuite un nombre suffisant d'analyses et des observations sur l'emploi des engrais pour chacun de ces types, on pourrait se prononcer sur chaque cas particulier qui se présente dans la pratique.

Si l'analyse indique l'absence complète d'un élément indispensable pour la vie de la plante, on a le droit absolu de prononcer sans hésitation que l'emploi d'un engrais s'impose. Ce cas est très rare.

Les éléments fertilisants sont-ils dans une terre en quantité « suffisante » ? — quelques agronomes-chimistes seulement savent le dire au juste, parce qu'ils sont arrivés à faire la synthèse de la science et de la pratique; dans la majorité des cas, les chimistes chargés d'analyses aux laboratoires, surchargés de travail et manquant de temps disponible pour les observations sur place et le maintien des relations avec les agriculteurs, sont privés de cette possibilité de faire la synthèse. D'autre part, on est souvent tenté d'admettre les chiffres donnés par un auteur pour une région (par exemple par GAROLA [1] pour la région de Chartres) comme valables pour toutes

(1) GAROLA : « La pratique de la fumure », 1925, page 16.

les autres. Certes, il vaut mieux se baser sur une chose certaine qüe sur rien; on est tout de même plus près de la vérité, mais il importe d'apporter à ces chiffres les corrections nécessaires.

A priori, ces chiffres sont à supposer peu valables chaque fois qu'on a une terre acide ou trop riche en calcaire; et, à plus forte raison, lorsqu'il s'agit d'une région où l'eau manque dans la terre. Il faut également tenir compte de ce fait que les phénomènes microbiens sont beaucoup plus intenses dans nos régions que dans les régions du bassin de Paris.

Prenons des exemples :

On sait que les terres ayant 1 ‰ d'azote et une quantité suffisante de calcaire sont fertiles et ne demandent que l'observation de la loi de restitution; on sait, d'autre part, que les terres beaucoup plus riches en azote, mais acides, ne cèdent pas cet azote aux plantes, d'où la nécessité ou bien de fournir de l'azote par des engrais appropriés, ou bien de rendre ces terres normales par un apport convenable de chaux.

Les agriculteurs nord-africains connaissent de nombreux exemples de terres riches en acide phosphorique total donnant une très sensible augmentation de rendement si l'on emploie des engrais phosphatés (superphosphates). D'autre part, dans certaines terres de la plaine de la Mitidja (près d'Alger), qui ont tendance à être acides, une faible quantité d'acide phosphorique (0,5-0,7 %) est souvent bien suffisante pour maintenir les récoltes.

Par conséquent, il est préférable, pour être certain de l'utilité d'un engrais, de faire les essais sur le terrain que de se fier aux résultats d'une analyse chimique; pour utiliser ces dernières, il faut d'abord entreprendre un travail de longue durée et d'une grande complexité; de longue durée, parce que, par exemple, M. Garola se base sur les données de près de 2.000 analyses des terres; de grande complexité, parce qu'on sera obligé de tenir compte, au cours de chaque expérience, de l'humidité des terres et de l'intensité des sécheresses.

Nous essayerons, néanmoins, d'interpréter nos analyses, en nous guidant par des considérations plutôt générales que par celles d'ordre régional, qui sont encore à étudier.

Interprétation des résultats d'analyse chimique :

Azote. — Il résulte du tableau ci-joint (Tableau II) que la teneur de la couche arable en Azote n'est jamais inférieure à 1 ‰.

D'une manière générale, la partie Nord du domaine est plus riche en Azote que la partie Sud. Le champ d'expériences en est surtout pauvre.

Nous aborderons plus loin, dans un article à part, une question importante pour les terres de l'Afrique du Nord : celle de la présence dans les terres d'une forte quantité de nitrates et de leur disparition vers le commencement de mars. Il est à présumer que la connaissance de ce régime de nitrates est plus importante que celle de

TABLEAU II. — Analyse chimique des terres du Service Botanique (‰ de terre fine)

	Profondeur en cm.	Azote Az.	Ac. phosphor $P^2 O^5$	Potasse $K^2 O$	Magnésie Mg O	Chaux Ca O
1	0 — 30	1.04	—	—	—	181
2	0 — 30	1.08	1.2	3.4	9.5	177
3	0 — 30	1.16	1.1	7.5	9.0	112
4	0 — 30	1,28	1.7	5.2	8.6	161
5	0 — 30	1.34	—	—	—	166
6	0 — 30	1.29	—	—	—	175
7	0 — 30	1.17	1.5	6.8	1.8	195
8	0 — 30	1.24	1.9	3.5	2.1	180
9	0 — 30	1.36	1.9	3.5	8.1	199
10	0 — 30	1.41	2.6	3.5	7.3	192
11	0 — 30	1.24	2.6	3.8	6.6	210
12	0 — 30	1.32	2.8	3.8	10.4	193
13	0 — 28	1,85	2.2	6.4	4.7	185
14	0 — 15	1.48	2.95	9.4	7.3	243
16	0 — 30	1.26	1.9		6.3	183.4
	30 — 60	1.05	1.5	7.2	7.8	187.6
	60 — 90	0.91	1.3	8.5	9.1	178.1
17	0 — 30	1.06	1.4	6.4	7.6	219.0
	30 — 60	0.95				228.5
	60 — 100	0.67				235.8

la quantité d'Azote organique, quoique les deux pourraient être dans une certaine corrélation.

Dans tous les cas, nous pouvons admettre que l'Azote se trouve dans nos terres en quantité suffisante pour assurer une récolte moyenne de céréales, surtout si l'on tient compte d'une activité microbienne plus forte qu'en France.

Est-ce qu'une application des engrais azotés appropriés serait avantageuse ? Les expériences sont entreprises, et d'ici peu nous espérons pouvoir répondre à cette question.

Acide phosphorique. — Varie dans le même sens que l'Azote. Il est en quantité assez grande; il est cependant utile de tenir compte de la forte proportion de calcaire qui le fait passer à l'état très peu soluble. Si les matières organiques étaient abondantes, une certaine quantité d'acide phosphorique y serait combinée et pourrait mieux servir à l'alimentation des plantes. Comme nos terres sont moyennement pourvues ou pauvres en matières organiques, nous avons le droit de supposer qu'un apport d'acide phosphorique est utile pour chaque culture, sauf pour les crucifères, qui possèdent, comme on sait, un pouvoir particulier d'absorption de cet élément.

Nos expériences pourront nous rendre compte si cette supposition est juste.

Potasse et Magnésie. — Les résultats obtenus sont assez discordants. Ceci, parce que la potasse et la magnésie sont des éléments qui se dosent avec moins de précision que les précédents, surtout si les terres sont riches en Fer, Alumine et Calcaire. D'autre part, la région étant habitée depuis des siècles, certains lots ont été cultivés plus longtemps et d'une façon plus intensive que les autres, d'où un appauvrissement inégal en ces éléments.

En général, ces deux éléments sont en quantité suffisante.

Chlorures. — Non indiqués dans la feuille d'analyses, ne dépassent jamais 0,1 ‰, donc ne sont pas gênants.

Résumé. — Ainsi, les terres du Service Botanique se montrent suffisamment pourvues des éléments indispensables.

D'après les analyses, nous pouvons supposer que l'apport des engrais soit utile dans l'ordre d'importance suivant :

1° l'acide phosphorique;

2° les matières organiques pour améliorer la structure de la terre et pour activer les microbes;

3° l'azote appliqué à un moment convenable;

4° la potasse qui, vu son prix modeste et son influence sur les plantes et les microbes, peut être appliquée sans inconvénient pour éviter l'appauvrissement de la terre en cet élément.

RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS EN PROFONDEUR :

Désirant nous rendre compte de cette répartition, nous avons effec-

tué les analyses de quelques échantillons en profondeur. Ces analyses ont porté sur l'Azote et l'Acide phosphorique, dont on peut faire les dosages avec une précision bien suffisante; on trouve pour l'azote :

	0 — 30 cm	30 — 60 cm	60 — 90 cm
N°• 3	1.16	0.91	
4	1.28	0.94	
7	1.17	1.11	
11	1.24	0.51	
13	1.85	0.96	
16	1.26	1.05	0.91
17	1.06	0.95	0.67
F	1.05	»	0.61
G	1.	0.53	0.49

Les numéros 11 et 13 ont une différence anormale. Là, l'humus aussi varie fortement [1], nous avons affaire à des sols riches mais peu profonds. Quant aux autres échantillons, qui correspondent à des terres plus profondes, la teneur en Azote diminue progressivement avec la profondeur.

En prenant la teneur en Azote de la couche arable égale à 100, nous avons la diminution suivante :

	0 — 30 cm	30 — 60 cm	60 — 90 cm	
N°• 3	100	78.5		Terres
4	100	73.4		
7	100	94.9		cultivées
16	100	83.3	72.2	Terres
17	100	89.6	63.2	incultes
F	100	—	58.1	Terres
G	100	53	49.0	cultivées

La conclusion à en tirer est que, tout en évitant des généralisations, puisque les écarts entre la moyenne et les cas particuliers sont grands, nous pouvons admettre, si le temps manque pour faire une

(1) Voir le tableau de l'analyse physique.

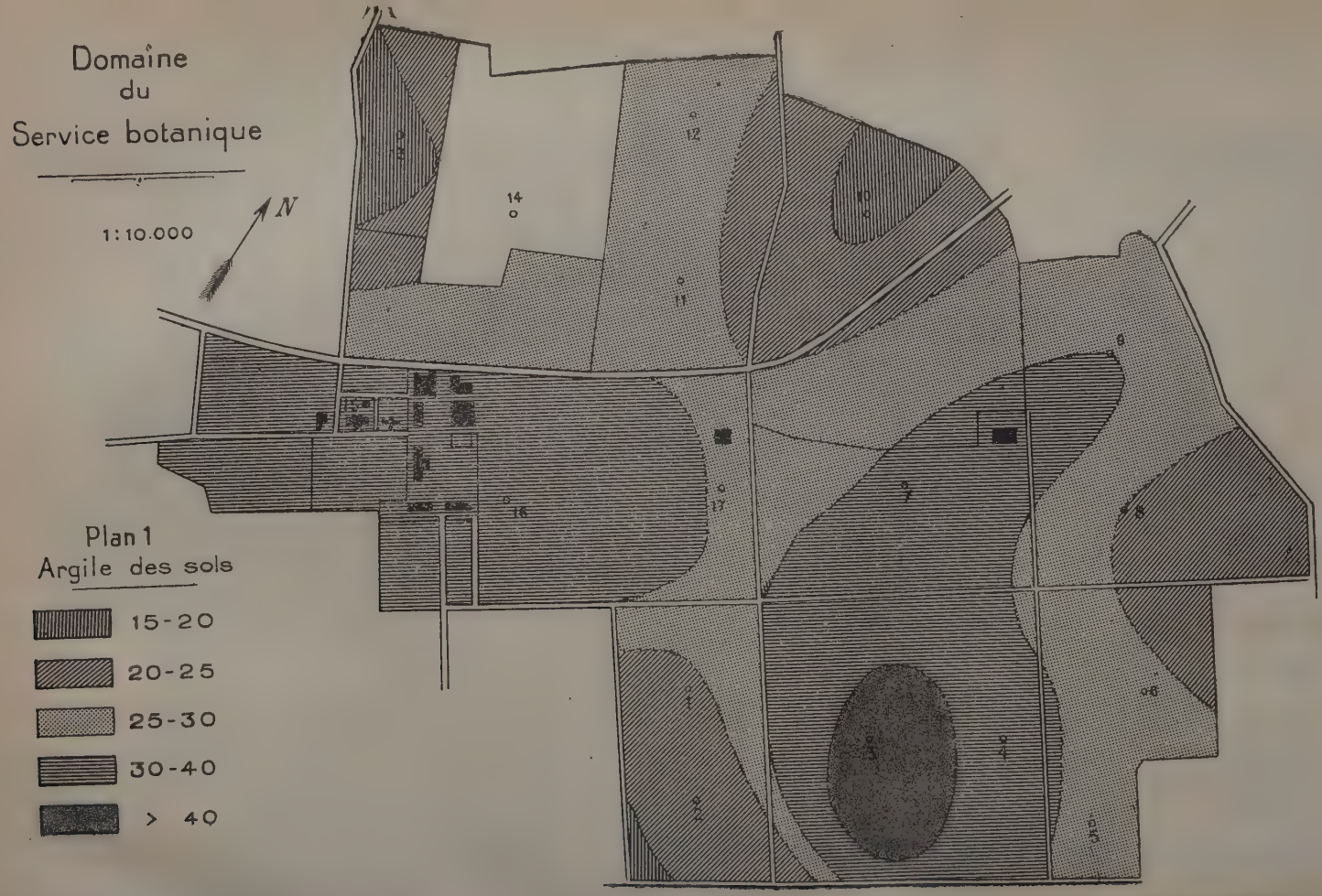
analyse, qu'en descendant de 30 centimètres nous avons une diminution en azote de 20 %.

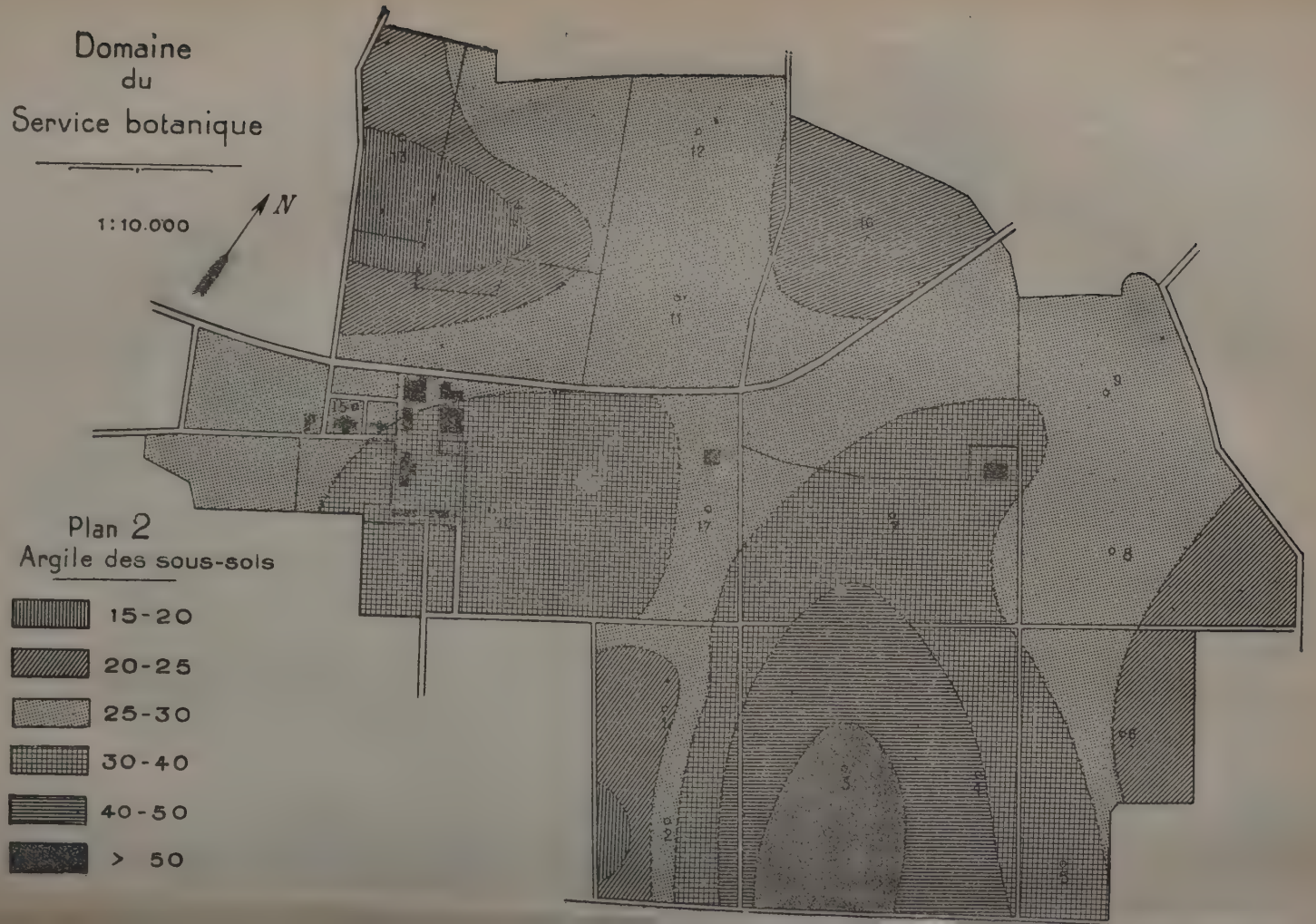
Quant à la répartition de l'Acide phosphorique dans la terre, nos analyses donnent :

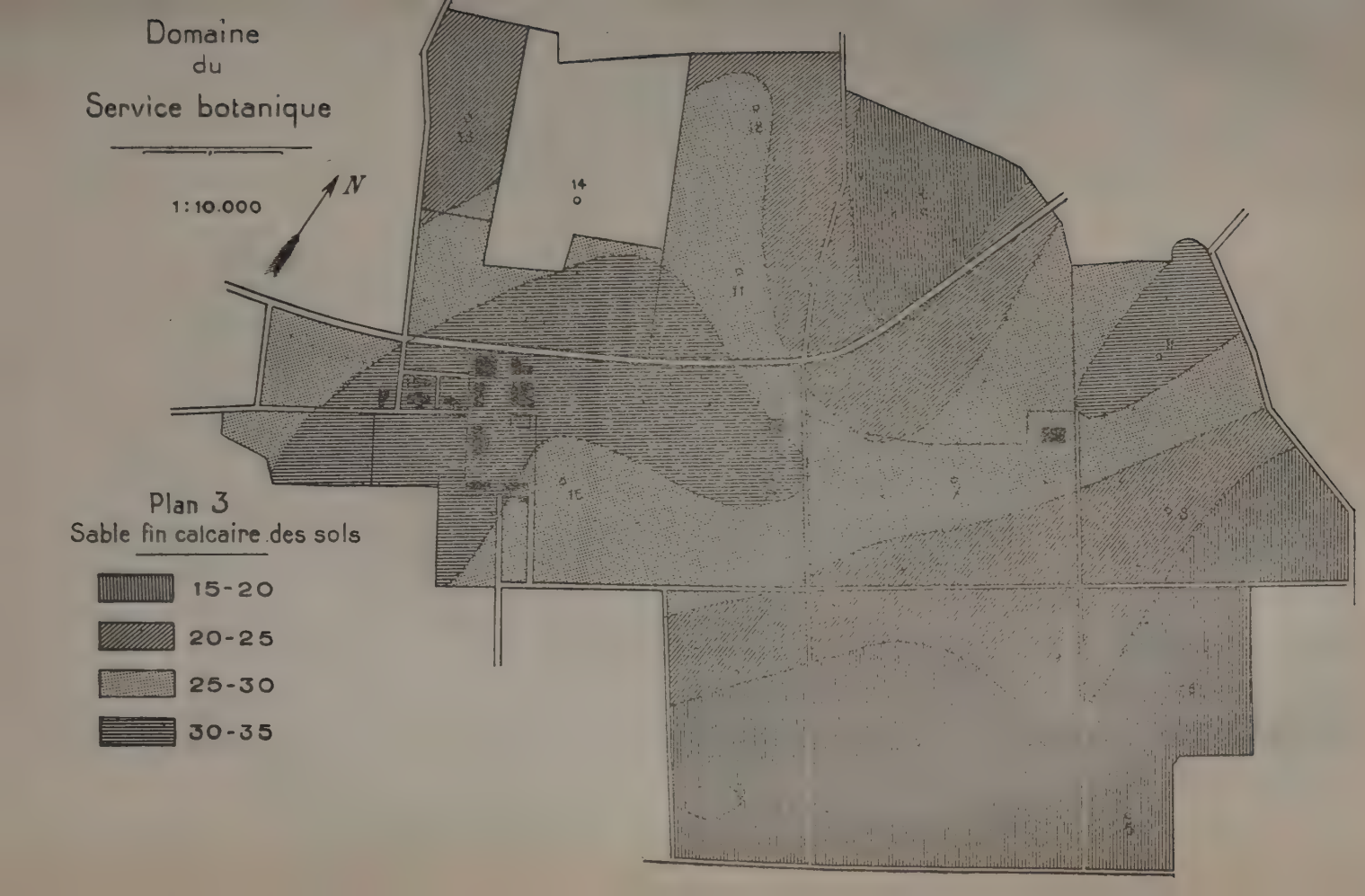
	0 — 30 cm	30 — 60 cm	60 — 90 cm
16	1.9	1.5	1.3
F	1.2	0.6	0.8
G	0.95	0.90	0.8

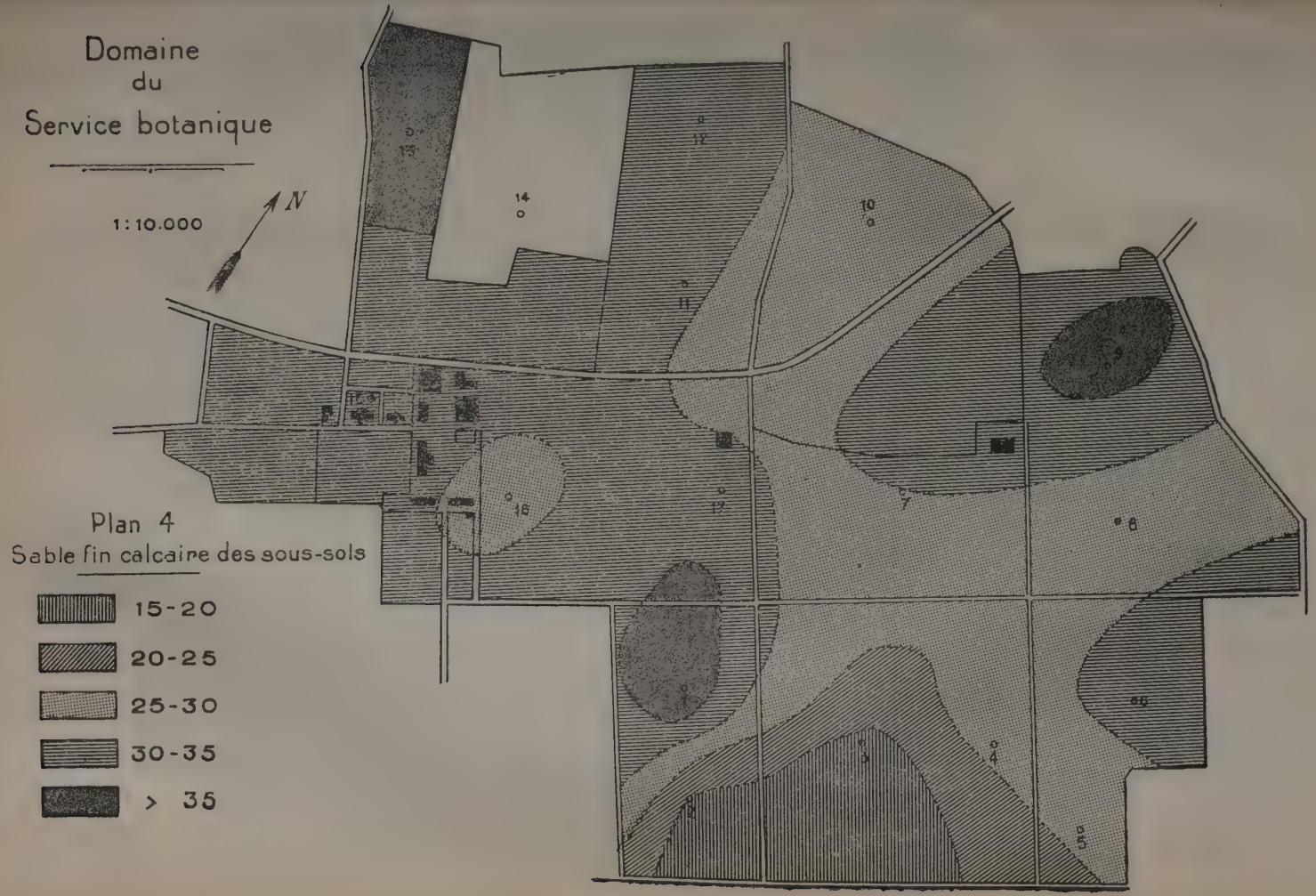
Le nombre d'analyses est trop faible pour permettre de formuler une conclusion fondée. Il n'est pas douteux, cependant, que l'Acide phosphorique s'accumule surtout à la surface, comme c'était le cas pour l'Azote, mais avec une moindre intensité.

Quant aux autres éléments, nous préférons ne pas en parler pour le moment : nos terres sont tellement calcaires que le dosage exact de la Potasse et de la Magnésie devient difficile. Nous ferons, peut-être, cette étude sur des terres peu calcaires, si l'occasion se présente.


Domaine
du
Service botanique
1:10.000
N
Plan 1
Argile des sols
15-20
20-25
25-30
30-40
> 40


Domaine
du
Service botanique
1:10.000
N
Plan 2
Argile des sous-sols
15-20
20-25
25-30
30-40
40-50
> 50


Domaine
du
Service botanique
1:10.000
N
14
Plan 3
Sable fin calcaire des sols
15-20
20-25
25-30
30-35


Domaine
du
Service botanique
1:10.000
N
Plan 4
Sable fin calcaire des sous-sols
15-20
20-25
25-30
30-35
> 35

L. YANKOVITCH

Emploi des Engrais azotés dans l'Afrique du Nord

Sommaire

L'absence d'une tradition dans l'emploi des engrais azotés dans l'Afrique du Nord est un indice certain que les agriculteurs, toujours observateurs, n'ont pas pu, dans les conditions particulières du climat tempéré chaud, résoudre cette question sans le concours de la recherche scientifique.

A Maison-Carrée d'abord, à L'Ariana (près Tunis) ensuite, le dosage de l'azote nitrique existant dans les terres a démontré que les variations dans la teneur des terres en azote nitrique présente un cycle remarquablement régulier. L'azote nitrique, qui se trouve dans la terre de jachère en quantité considérable (dépassant souvent 100 kilos par hectare), disparaît presque complètement en hiver par le jeu de l'infiltration, de l'assimilation par les plantes et de la dénitrification.

Le dernier phénomène surtout attire l'attention; son intensité est telle qu'elle peut détruire presque tout l'azote nitrique existant.

Les analyses faites permettent l'explication de l'inefficacité des engrais azotés appliqués en automne et orientent les expériences vers l'emploi des engrais azotés au printemps.

D'autre part, on comprend pourquoi les rendements élevés correspondent aux semis précoces.

Quelques résultats d'expériences avec le Blé et l'Avoine sont présentés à l'appui des recherches de laboratoire.

Il résulte de l'ensemble que le rendement en Blé est en rapport très étroit avec la quantité d'azote nitrique dans la terre : les semis tardifs manquent d'azote; les engrais azotés agissent d'autant mieux que le semis est plus tardif et leur action correspond plus exactement au manque relatif d'azote.

L'expérience faite à L'Ariana démontre qu'une augmentation de rendement est possible même après la jachère pour le cas d'un semis normal.

Ainsi, l'étude de la variation saisonnière de l'azote nitrique de la terre, quoique ne pouvant pas donner une réponse complète aux questions de l'alimentation azotée des plantes, peut rendre de grands services à la pratique agricole, en fournissant l'explication sûre de certaines constatations de la pratique; celles-ci sont souvent contradictoires; à elles seules, elles

sont insuffisantes et demandent toujours un contrôle scientifique qui évite la dépense improductive d'engrais.

Un appendice contient les résultats d'analyses effectuées pour déterminer la vitesse de la nitrification et l'importance de la dénitrification.

Introduction

A notre arrivée en Algérie, en 1925, nous avons souvent entendu exprimer l'opinion que les engrais azotés sont ceux dont l'action est la moins connue dans l'Afrique du Nord, que les agriculteurs, qui les ont essayés à plusieurs reprises, ont dû renoncer à leur emploi en raison de l'incertitude des résultats et du prix élevé de l'azote.

Peu de résultats d'expériences avaient été publiés. En 1928, l'ouvrage de E. Miège : « Emploi des engrais azotés en Afrique du Nord », donne encore peu de précisions sur la question.

On citait l'opinion d'André, professeur à l'Institut National Agronomique de Paris; à savoir que les phénomènes microbiens des terres nord-africaines sont très intenses, que la quantité d'azote fixée par les microbes et transformée ensuite en azote assimilable peut être suffisante pour assurer la récolte des céréales.

Par contre, Pouget, professeur à la Faculté d'Alger, avait montré que les céréales manquent d'azote au printemps [1].

Le fait que des rendements très satisfaisants peuvent être obtenus sans apport d'azote nous a beaucoup intrigué.

Comment cet élément, jugé des plus indispensable et si largement utilisé dans les régions de culture intensive (Nord, Pas-de-Calais, toute la région parisienne, etc...), peut-il être inutile dans l'Afrique du Nord ? Est-ce possible que les terres en contiennent une si forte quantité que les engrais azotés soient superflus ?

En 1926, M. C. Arambourg, professeur d'Agrologie à l'Institut Agricole d'Algérie, nous permit d'essayer l'action des engrais azotés dans le petit champ d'expériences affecté à son laboratoire. N'ayant pas encore eu connaissance des travaux de M. Pouget, nous avons appliqué les engrais azotés ammoniacaux en automne, avant le semis, comme on le fait souvent en France; les nitrates n'ont pas été essayés.

Grand fut notre étonnement d'obtenir des rendements à peu près égaux sur les parcelles sans azote et sur celles avec sulfate d'ammoniaque ou urée. De petits écarts furent bien observés en faveur des engrais, surtout pour l'urée, mais les résultats ne répondaient pas à nos prévisions.

En 1927, l'étude fut reprise sur une plus grande échelle. M. C. Arambourg nous ayant permis d'utiliser le champ d'expérience tout entier, huit ares environ, et M. A. Bonafé, directeur de l'Institut Agricole d'Algérie, ayant bien voulu mettre à notre disposition 4

(1) Pouget : C. R. Ac. Sc., 15 mars 1909, pp. 725-727.

hectares à la ferme d'Oued-Smar, afin de réaliser les expériences sur de grandes parcelles, dans les conditions de culture normale.

D'autre part, jugeant que la réussite médiocre de nos expériences précédentes était due, non seulement à l'hétérogénéité des parcelles, mais aussi à des causes imputables aux conditions climatériques et agrologiques qui nous échappent, nous avons fait varier plusieurs facteurs :

1) époque de semis;
2) nature de l'engrais azoté;
3) époque de son application.

Enfin, nous nous sommes engagé à chercher ce que deviennent les engrais azotés incorporés au sol, ainsi qu'à déterminer les quantités d'azote assimilable existant naturellement dans les terres à des époques différentes de l'année.

Le même programme a été appliqué, en 1928-1929, au Service Botanique de Tunisie, à L'Ariana, dans les conditions énumérées plus loin.

I. Expériences de 1927-1928 à Maison-Carrée

Nous sommes très reconnaissant à M. C. Arambourg d'avoir bien voulu nous autoriser à utiliser les résultats des expériences faites à Maison-Carrée; nous n'en prendrons que ce qui est nécessaire au développement de la question du régime des nitrates dans les terres nord-africaines et de l'emploi des engrais azotés.

1. Régime naturel des nitrates dans les terres de Maison-Carrée

Il est évident que si les engrais azotés ne marquent pas, comme dans le Nord de la France, c'est parce que les terres de l'Afrique du Nord sont riches en azote. Elles peuvent l'être par la fixation de l'azote atmosphérique ou par la mobilisation rapide de l'azote organique. Dans un cas comme dans l'autre, l'azote nitrique est le terme ultime tout prêt à servir à la nourriture des plantes. C'est donc au dosage de l'azote nitrique des terres que nous avons eu recours pour expliquer les causes d'insuccès et pour rechercher la solution du problème de l'azote.

Les dosages de l'azote nitrique ont porté sur les échantillons prélevés dans la terre labourée d'une vigne qui touchait notre champ d'expériences; les précautions ont été prises pour ne pas avoir de mauvaises herbes à l'endroit du prélèvement. Ainsi, ces résultats se rapportent à une jachère d'hiver, la vigne pendant l'hiver étant à l'état de repos.

Les échantillons furent prélevés à deux endroits : l'un (B) sur un sol horizontal de couleur noire; l'autre (A) sur une pente douce à sol plus léger.

Ci-dessous, l'analyse physique et l'analyse chimique des deux échantillons :

Echantillon	Gravier	ANALYSE PHYSIQUE					HUMUS	ANALYSE CHIMIQUE			
		SABLE GROSSIER		SABLE FIN		Argile et organiques		Az	P_2O_5	K_2O	Ca O (1)
		Siliceux	Calcaire	Siliceux	Calcaire						
B	40	328	4.2	342	9.0	316.8	6.5	1.05	0.75	env. 3.0	7.5
A	18	375	«	344	12.5	268.5	6 .1	1.21	0.82	env. 3.0	7.0

Nous avons fait les dosages de l'azote nitrique pendant toute la période de végétation du blé. Ils correspondent à une année exceptionnellement humide; le 15 juin, la terre maintenue en jachère bien travaillée avait une humidité de 12 %.

Nous représentons les résultats de ces dosages dans le tableau 1 et, graphiquement, fig. n° 1 :

Tableau 1. — Azote nitrique dans la terre cultivée de vigne à Maison-Carrée, 1927-28 (couche de 0 à 30 cm. de profondeur)

DATES	TERRE	AZOTE NITRIQUE en milligrammes par kg de terre sèche	AZOTE NITRIQUE en kilos par Ha
19 novembre	A (rouge)	29.	95.7
19 janvier	A	4.2	13.86
24 février	B	1.6	5.28
8 mars	A	2.6	8.58
29 mars	B	4.2	13.86
12 mai	B	7.1	23.43
15 juin	B	14.4	47.52

(1) (On a trouvé le Ca O de la dernière colonne par la méthode officielle, par précipitation à l'état de l'oxalate et le titrage avec le permenganate. « Sable fin calcaire » est déterminé en multipliant Ca O par le coefficient 100/56 et en retranchant le sable grossier calcaire. Ainsi déterminé, notre sable fin calcaire comprend la chaux des silicates et des matières organiques.)

Pour rapporter les résultats d'analyses, exprimés en milligrammes d'azote nitrique par kilo de terre sèche, à l'hectare, nous nous servons d'une formule qui n'est pas contrôlée par nos mesures, mais qui est choisie aussi judicieusement que possible.

Pour la couche de 0 à 30 cm. de profondeur, nous prenons la densité moyenne égale à 1,1, pour les couches plus profondes, de 30 à 60 et de 60 à 90 cm., nous prenons 1,42.

Comme 30 cm. de profondeur correspondent à 3.000 mètres cubes par hectare, le poids de la terre est respectivement de 3.300 tonnes pour la couche superficielle et de 4.260 tonnes pour les couches plus profondes.

1 mgr. d'azote par kilo de terre = 1 gramme par tonne,
= 1 kilo par 1000 tonnes,
= 3 k. 300 et 4 k. 260 respectivement pour les couches indiquées plus haut.

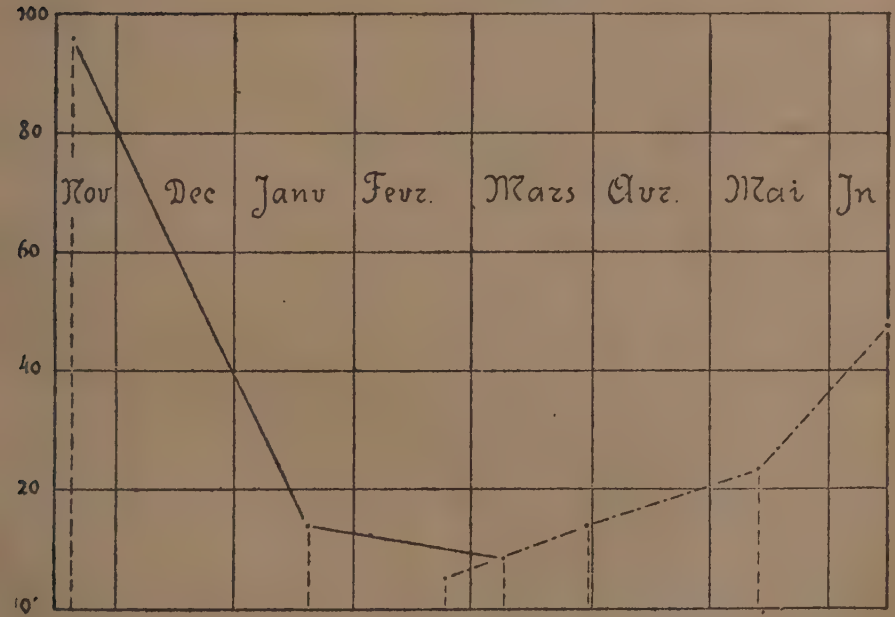


FIG. 1. — Azote nitrique dans la jachère de Maison-Carrée, en 1927-28, en kilogrammes par hectare, dans la couche de 0 à 30 cm. de profondeur.
———— échantillon A.
— . — . — . — échantillon B.

La note de M. POUGET « Sur la nitrification dans les sols en place » [1] contient des chiffres intéressants et les mêmes conclusions

(1) C. R. Ac. Sc. 15 mars 1909, pp. 725-727.

que les nôtres. Nous lui empruntons les résultats des analyses que nous représentons dans le tableau 2 et graphiquement (fig. 2) en nous servant du coefficient 3,6 parce que les échantillons furent prélevés sur 45 cm. de profondeur. Ces résultats correspondent à une terre de champ sans végétation et sans travail, dans les conditions d'une terre qui porterait le Blé, ce qui est très juste.

Tableau 2. — Azote nitrique en milligrammes par kilo de terre sèche d'après Pouget

	1907	1908					
	18 Décembre	15 Janvier	22 Janvier	29 Janvier	12 Février	27 Février	30 Avril
A	1.0		5.5		2.5		Traces
B		2.9		6.2	2.1	1.5	—

1908

	8 mai	22 mai	6 Juin	13 Juin	20 Juin	2 Juillet
A	Traces	1.6		5.4	3.6	2.7
B.....	Traces	3.7	6.3	7.6	7.3	6.0

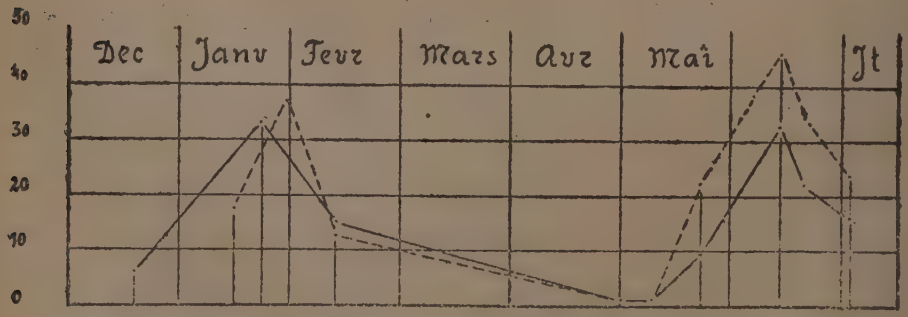


Fig. 2. — Azote nitrique dans la couche de 0-45 cm., à Maison-Carrée, d'après Pouget.
———— échantillon A.
— — — — — échantillon B.

L'interprétation de ces chiffres sera donnée dans le chapitre II à propos des courbes obtenues à L'Ariana.

2. Expériences dans le champ

Sans avoir encore les résultats d'analyses indiqués plus haut, nous avons entrepris une expérience en faisant varier l'époque de semis du blé, guidé par nos observations des années précédentes qui nous avaient permis de constater des différences sensibles dans les champs de la région, où ce facteur variait.

Ainsi avons-nous obtenu des résultats contrôlés, qui concordent avec le dosage des nitrates indiqués précédemment et discutés dans le chapitre II.

a) *Influence de l'époque de semis du blé sur le rendement.* — L'expérience est réalisée dans notre champ d'expériences dont la composition est indiquée (échantillon B.).

Le rendement moyen de la série III comprenant 30 parcelles de 2 mètres carrés caractérise le semis précoce du 6 novembre, le rendement moyen de la série I correspond au semis du 5 décembre.

Ensuite les parcelles de la série V, de 5 mètres carrés chacune, ont été utilisées pour les semis encore plus tardifs :

Parcelles 3, 7 et 11 — semis du 13 décembre,
1, 6 et 12 — semis du 23 février,
2 et 8 — semis du 23 février avec une seconde application de sulfate d'ammoniaque,
4 et 9 — semis du 23 février avec le nitrate de chaux ammoniaque en couverture.

Les engrais employés pour ces différentes séries ne sont pas en quantités rigoureusement égales (chaque série servait pour une expérience spéciale). Les formules utilisées ont été, par hectare :

SÉRIE	III	I	V	NATURE DES ENGRAIS
Azote	26	50	40	Série III : Super, SO^4K^2, Az diff.
P^2O^5	45	36	60	— I Am Cl, SO^4K^2, P^2O^5 diff.
K^2O	50	50	30	— V Super, SO^4K^2, SO^4Am^2

Le sol étant riche en potasse, puisque les expériences et le dosage de la potasse assimilable l'ont démontré, la variation de la dose d'engrais potassique n'a pas d'importance.

Les autres éléments ne sont pas employés en même quantité; néanmoins, ils sont toujours présents et en quantités qui varient modérément. La courbe obtenue mérite une attention, parce que c'est la quantité d'azote assimilable qui, dans nos conditions, détermine la récolte.

Chaque fois, les engrais étaient appliqués quelques jours avant le semis, sauf les nitrates, qui le sont au tallage. Enfin, nous avons

jugé utile d'appliquer les engrais à la série V de la façon suivante : toutes les parcelles 1-12 ont reçu la même formule, indiquée plus haut, le 11 décembre 1927; les numéros 2 et 8 ont reçu de nouveau 40 kgs d'azote du sulfate d'ammoniaque par hectare le 20 février, trois jours avant le semis; les numéros 4 et 9 ont reçu une nouvelle dose de 20 kgs. d'azote par hectare, du nitrate de chaux ammoniacal, le 27 mars, au tallage.

Sans indiquer toutes les observations au cours de la végétation, il est utile d'attirer l'attention sur les dates de l'épiaison et de la coupe qui est faite au moment de la maturité complète, ainsi que sur les rendements en grains. (Voir tableau 3.)

Tableau 3. — Influence de la date des semailles sur l'épiaison, la maturité, le rendement

SÉRIE	PARCELLES	SEMIS	EPIAISON	COUPE	Rendement en grain rapporté à l'hect.
III	1 — 30	6 novembre	13 avril	2 juin	27 qx 28
I	1 — 30	5 décembre	25-26 avril	10 juin	15.0
V	3 — 7 — 11	13 décembre	29 avril	10 juin	14.33
V	1 — 6 — 12	6 janvier	4 mai	13 juin	11.72
V	5 — 10	23 février	17 mai	18 juin	9.68
V	2 — 8	23 février	14-15 mai	18 juin	(1) 13.21
V	4 — 9	23 février	16-17 mai	18 juin	(1)* 11.80

* Voyez figure 3, page 127.

Comparées aux témoins sans azote, les parcelles d'expérience donnent les augmentations de rendement en grain par hectare ci-dessous:

		AUGMENTATION	REMARQUES
Augmentation de rendement du blé par l'emploi des engrais azotés (Maison-Carrée 1927-28)	Le sulfate d'amoniaque appliqué en automne quelques jours avant le semis précoce	2 - 3 qx	40 kilos d'azote. (1)
	Le sulfate d'ammoniaque appliqué en février quelques jours avant le semis	3.5	40 kilos d'azote.
	Nitrate de chaux ammoniacal appliqué en mars sur un semis très tardif	2.12	Obtenu avec 20 kilos d'azote seulement.
	Nitrate de chaux ammoniacal appliqué en janvier (1/3) et en mars (2/3) sur le semis du 5 décembre	6.6	40 kilos d'azote.

(1) Ce chiffre est peu certain, l'augmentation étant très difficile à enregistrer vu que l'augmentation est faible par rapport aux variations dans le rendement des parcelles.

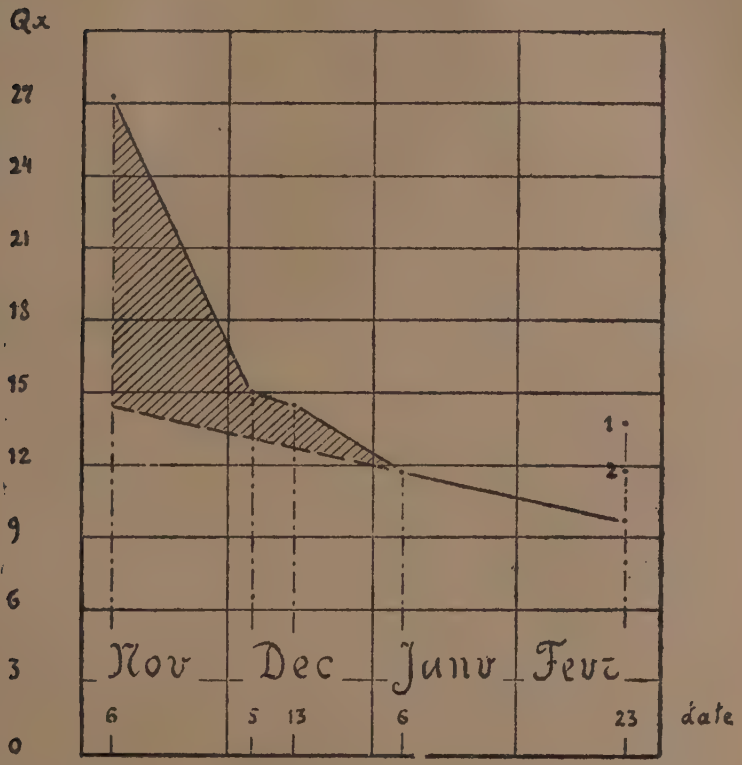


Fig. 3. — Influence de l'époque du semis du blé sur le rendement (courbe pleine). Influence des engrais azotés sur le rendement d'un blé semé tardivement :

1. Rendement obtenu en employant 40 k. d'azote du sulfate d'ammoniaque quelques jours avant un semis tardif.

2. Rendement obtenu avec 20 k. d'azote du nitrate de chaux ammoniacal appliqué en couverture un mois après le semis.

La partie en hachures correspond à la diminution du rendement causée par la disparition de l'azote nitrique.

Il résulte de ces chiffres et du tableau 3 que *la même dose d'engrais azoté a une action d'autant plus sensible :*

1° *que le semis est plus tardif;*

2° *que l'application de l'engrais azoté s'approche du mois d'avril.*

b) Expérience avec l'emploi du sulfate d'ammoniaque au moment du semis (Avoine d'Oued-Smar, Maison-Carrée, 1928). — Pour démontrer la faible action des engrais azotés appliqués en automne avant le semis, il est bon d'indiquer les résultats d'une expérience réalisée à la ferme d'Oued-Smar sur l'avoine, par M. Rodde, chef des Cultures, et M. Chevais, stagiaire au Laboratoire d'Agrologie I.A.A., d'après les directives du Laboratoire.

Le champ, de 4 hectares, a été divisé en 8 parcelles (fig. 4) d'un demi-hectare chacune. Le sol est un limon très argileux, sans trop de variations, de composition suivante (l'analyse porte sur le prélèvement à l'endroit désigné par la lettre M²) :

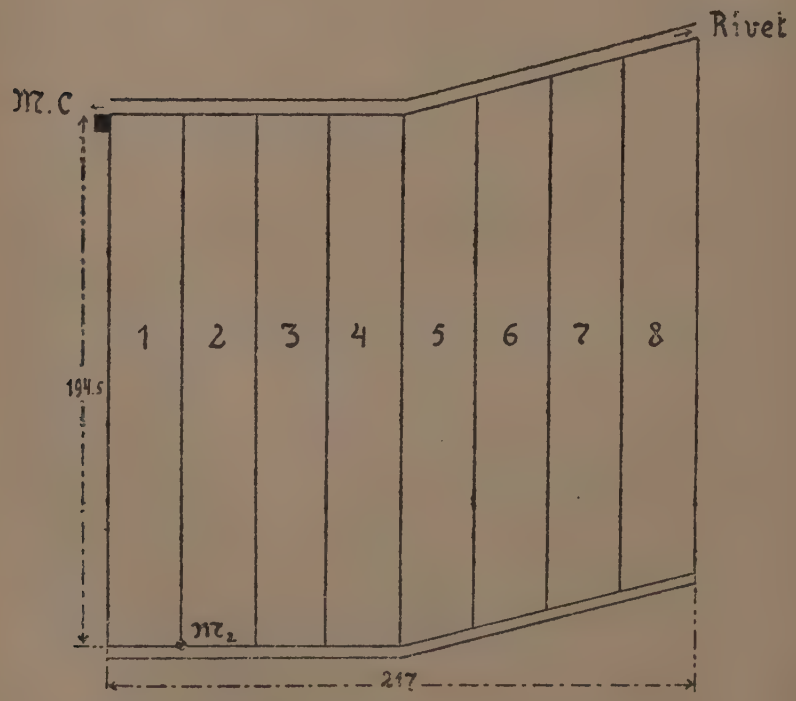


Fig. 4. — Champ d'Oued-Smar, où a été faite l'expérience avec l'avoine.

Analyse physique et chimique de la terre d'un champ d'avoine à Oued-Smar

		0 - 30 sol	30 - 60 sous-sol
% de terre fine :	Sable grossier siliceux.....	220	175
	Sable fin siliceux.....	410	360
	Calcaire, par permanganate..	11.5	12.25
	Argile et organiques sauf humus.....	351.45	458.35
	Humus.....	7.05	5.4
	Azote.....	1.45	1.02
	Acide phosphorique.....	0.63	0.45
	Chaux.....	6.44	6.86
	Potasse.....	n'est pas dosée	

Toutes les parcelles ont reçu les scories de déphosphoration dans la partie près de la route de Rivet et le phosphate naturel ailleurs; on en a mis 300 kgs. par hectare de l'une ou de l'autre.

La disposition des expériences était la suivante :

N°s	Enfouissement à	Engrais par parcelle	*Observations*
1	18 centimètres	Sulfate d'ammoniaque 37k5	Formule complète ; étude de l'influence de l'enfouissement.
2	12 centimètres	Chlorhydrate — 31.9	
3	6 centimètres	Sulfate de potasse 50.0	
4	16 centimètres	SO^4 Am^2 et Am Cl	sans potasse.
5	16 centimètres	Cyanamide 75 k. Sulfate de potasse 50 k.	formule complète avec la cyanamide.
6	16 centimètres	Sulfate de potasse 50 k.	sans azote.
7	16 centimètres	SO^4 Am^2 et Am Cl, SO^4 K^2	formule complète avec engrais ammoniac.
8	16 centimètres	Rien que P^2 O^5	Témoin.

Ainsi, nous avons donné, par hectare :

30 kilogrammes d'Az.
45 — de P^2O^5.
50 — de K^2O.

Les parcelles étant soigneusement délimitées, on a fait l'épandage des engrais le 21 décembre 1927, le semis le 22 décembre, à la main, enfouissement à la herse profonde.

La germination est bonne les 3 et 4 janvier.

Le 13 janvier : n° 1 semble être mieux que les autres.

Le 25 janvier : n° 7 a une couleur bien meilleure que n° 6.

Le 15 février : le tallage commence.

Le 5 mars : nos 6, 7 et 8 paraissent plus faibles que les nos 1 et 5.

Le 4 avril (le mois d'avril est, en 1928, le mois pendant lequel on voit les plantes changer d'aspect; les microbes du sol reprennent leur pleine activité. Les observations pour le 4 avril sont :

n° 1 est relativement médiocre.
n° 2 est très bon.
n° 3 est encore mieux, mais beaucoup de taches.
n° 4 est homogène et bon.
nos 5 et 7 sont mieux que nos 6 et 8.

L'impression générale est bonne. Les mauvaises herbes ne sont pas trop abondantes.

Le 15 avril — même aspect.

6 mai — épiaison plus précoce sur 5 et 7 que sur 6 et 8; n° 7 devient supérieur à n° 5.

9 mai — épiaison partout finie; différences entre les nos 1, 2 et 3 s'effacent.

La récolte est faite le 12 juin, à la main.

Le battage à la batteuse a donné (en grain par parcelle) :

Numéros.....	1	2	3	4	5	6	7	8
Rendement en quintaux	3.90	3.23	3.60	3.58	5.41	3.36	3.86	3.21

Malgré tous les soins de M. Rodde, qui a dirigé les travaux avec toute l'attention nécessaire, l'expérience a donné des résultats très rapprochés.

Il eût été préférable, pour mieux apprécier les engrais, d'avoir affaire à une plante plus exigeante que l'avoine; d'autre part, cette céréale réussit presque toujours mal à Maison-Carrée. Cela n'empêche pas de se rendre compte que les engrais ammoniacaux agissent peu ou pas si on les applique de bonne heure.

II. Expériences de 1928-1929 au Service Botanique de Tunisie

1. Régime naturel des nitrates dans la terre.

Chaque fois qu'on change les conditions du sol et du climat, il est bon de reprendre le travail à partir du commencement.

Les terres de Maison-Carrée que nous avions à notre disposition étaient légèrement acides. Les terres du Service Botanique à L'Ariana sont fortement calcaires (30 %). La moyenne des pluies annuelles de Maison-Carrée est de 750 m/m environ, celle du Service Botanique de Tunisie, de 400 m/m seulement.

Il est donc très intéressant de mesurer les quantités d'azote nitrique dans les terres du Service Botanique, d'autres formes d'azote en même temps, pour pouvoir les comparer à des valeurs correspondantes de Maison-Carrée. Ces données pourront servir de base pour l'emploi rationnel des engrais azotés dans les terres de l'Afrique du Nord.

Cette fois, les analyses sont faites sur les échantillons prélevés dans le champ de blé; l'année précédente, il était en jachère; la rotation établie pour le champ d'expériences est une alternance de blé et de jachère travaillée.

a) La *méthode* de dosage de l'azote nitrique fut la suivante :

La terre, soigneusement prélevée, est mise dans les bocaux en verre propre pour éviter la perte d'humidité; immédiatement après la rentrée au laboratoire, on met la terre sur une feuille de papier propre et résistant pour opérer la division des mottes, l'élimination des cailloux et du gravier et l'homogénisation; sans perdre de temps, on fait des pesées pour la détermination de l'humidité et les dosages de l'azote nitrique, de l'azote nitreux et de l'azote ammoniacal.

La fraction utilisée pour le dosage de l'azote nitrique (50 gr.) est mise dans une capsule propre et subit une dislocation avec un doigt bien propre, — comme si l'on faisait l'analyse physique de terre; on décante le liquide trouble dans une fiole jaugée de 250 cc. Finalement, on fait passer le tout dans la fiole. On y ajoute un volume de solution de sulfate de magnésium pur suffisant pour floculer les colloïdes; quelques gouttes de chloroforme, si l'on prévoit une attente obligée. On agite la fiole à plusieurs reprises, on complète à 250, on agite de nouveau et on filtre, sur un filtre plissé, en récoltant les premières portions du filtrat trouble dans un verre à part.

Sur le filtrat clair, on prélève un volume présumé bon pour le dosage de l'azote nitrique et un autre pour le dosage de l'azote nitreux par la méthode colorimétrique de Griess.

On évapore la fraction prélevée pour le dosage de l'azote nitrique à sec, à bain-marie, dans une capsule de porcelaine, et on procède au dosage par la méthode de Grandval et Lajoux, qu'on trouvera dans le « Précis de Chimie Analytique » de Denigès, éd. 1920, p. 62.

Nous indiquons ici le dosage de l'azote nitrique seul, parce que l'azote nitreux se trouve dans nos terres en quantité tout à fait insignifiante; et parce que les dosages de l'azote ammoniacal que nous avons sont encore peu nombreux; nous les présenterons plus tard.

b) En nous servant de la méthode décrite, nous avons trouvé, pour

Tableau 4. — Azote nitrique en mgr par kilo de terre sèche (Service Botanique de Tunisie, 1928-29)

DATES	PRÉLÈVEMENTS DANS LE CHAMP DE BLÉ					DANS LA JACHÈRE	
	D	E	F	G	H	Ja 1	Ja 2
13 décembre	12.13 9.42 7.25	7.13 10.52 8.54					
21 janvier			1.06 7.33 13.83	1.53 16.63 20.97			
26 février				0.56 0.66	0.54 0.83		
19 mars				1.22 3.78 13.38	1.36 1.45 2.80		
8 avril			0.65 1.03 1.44	0.69 1.13 2.66		1.31 1.98 1.89	1.55 1.88 1.46
1 mai			0.77 0.72 1.14				5.42 3.50 3.18
10 mai						6.92 1.32 1.44	
4 juin			1.53 0.59			7.30 2.61 3.55	
24 juillet			4.63 1.75 0.96			12.18 5.02 5.71	

Tableau 5. — Azote nitrique en kilogrammes par hectare (Service Botanique de Tunisie, 1928-29)

DATES	PRELÈVEMENTS DANS LE CHAMP DE BLÉ					DANS LA JACHÈRE	
	D	E	F	G	H	Ja 1	Ja 2
13 décembre	40.030 45.035 30.812 110.877	23.530 44.710 36.295 104.535					
21 janvier			3.500 31.153 58.758 93.411	5.050 70.678 89.122 164.850			
26 février				1.850 4.080	1.780 3.528		
19 mars				4.013 16.065 56.865 76.943	4.485 6.163 11.900 22.548		
8 avril			2.145 4.378 6.120 12.643	2.277 4.803 11.305 18.385		4.320 8.415 8.033 20.768	5.115 7.990 6.205 19.310
1 mai			2.541 3.060 4.845 15.446				17.886 14.875 13.515 46.276
10 mai						22.823 5.623 6.134 34.593	
4 juin			5.049 2.513			31.098 11.119 15.123 57.340	
24 juillet			15.272 7.455 4.073 29.800			40.194 21.363 24.333 85.890	

les terres du Service Botanique, au cours de l'année agricole 1928-1929, les chiffres réunis dans les tableaux 4 et 5 [1].

Chaque case contient trois chiffres. Le premier correspond au sol, de 0 à 30 cm. de profondeur; le second à une couche de 30 à 60 cm.; le troisième à une couche de terre de 60 à 90 cm. de profondeur.

Les chiffres du tableau 5 nous ont servi pour dresser une courbe qui est représentée fig. 5 et 9.

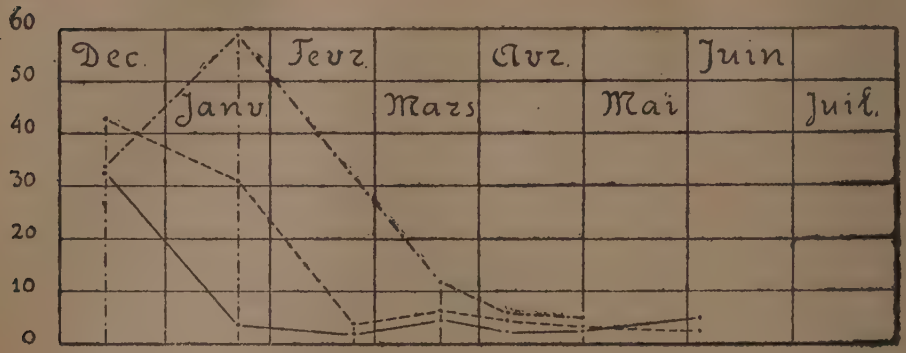


FIG. 5. — Répartition de l'azote nitrique dans la terre des champs d'expérience du Service Botanique de Tunisie en 1928-29 — (en kilos par hectare).

——————— couche de 0 à 30 cm. de profondeur.
— — — — — — 30 à 60 —
— . — . — . — 60 à 90 —

c) L'examen des chiffres montre des écarts qui sont parfois très considérables, pour deux prélèvements faits le même jour. Il ne faut pas s'en étonner, parce que l'azote nitrique est le produit résultant de l'activité microbienne; or, cette activité est très inégale, et il n'est pas douteux qu'elle varie dans une terre beaucoup plus que la composition physique et chimique du milieu. Il ne faut pas oublier que les méthodes d'étude des terres par les moyens physiques et chimiques sont des moyens grossiers infiniment moins sensibles que la réaction des êtres vivants qui sont dans ce milieu et qui ont besoin non seulement de la nourriture convenablement préparée, mais aussi d'une somme d'autres conditions d'habitat; nos moyens physiques et chimiques nous donnent des renseignements indirects et peu précis sur ces besoins.

Ces écarts sont présents dans le graphique n° 2, page 124, établi d'après les analyses de M. POUGET. Dans nos analyses, ils sont surtout grands pour les points F et G que nous avons choisis intentionnelle-

(1) Quoique la précision de la méthode ne nous donne pas le droit d'affirmer qu'un hectare contient, par exemple, exactement 12 k 643 gr. d'azote nitrique, nous préférons donner les chiffres tels qu'ils résultent de l'analyse, sans les arrondir; les courbes permettent de faire abstraction de ces grammes sur lesquels nous ne tenons pas à insister.

ment à deux endroits de fertilité différente. F correspond à un endroit fertile ou très fertile; G, à un endroit où le blé est très chétif. Le sous-sol est très pauvre en matière organique et en humus. Chose surprenante, nous retrouvons régulièrement une assez forte différence en faveur de G.

PROFONDEUR	21 JANVIER	26 FÉVRIER	19 MARS	8 AVRIL
0 - 30 cm.	1 k 550	0.070	—0.473	0.132
30 - 60 cm.	39.525	0.552	9.902	0.425
60 - 90 cm.	30.366		44.965	5.185
	71.441		54.394	5.742

La perméabilité plus faible de G et des causes, qui nous échappent, de la mauvaise pénétration des racines dans la profondeur (si ce n'est pas une trop faible teneur du sous-sol en matières organiques), font que l'azote nitrique n'est pas utilisé par les plantes.

Il est donc indispensable de mettre à part ces chiffres relatifs à l'endroit G et de ne prendre pour l'établissement de la courbe que les chiffres qui se rapportent à des sols de même fertilité; il est encore mieux de prélever les échantillons pour l'analyse au même endroit en se déplaçant chaque fois d'un mètre au plus.

Avec cette réserve, nous obtenons une courbe à peu près régulière se rapportant à un sol fertile.

d) La première constatation qu'on peut faire en examinant les tableaux 1, 2 et 5, 9, c'est que l'azote nitrique est abondant en automne, aussi bien dans les terres un peu acides de Maison-Carrée que dans les terres argilo-calcaires de L'Ariana [1].

Les premières pluies le font descendre dans le sous-sol, où il continue à descendre de plus en plus bas. D'autre part, la dénitrification se manifeste avec une intensité d'autant plus grande que les sols sont moins calcaires, moins aérés et plus riches en matières organiques.

Nous allons nous arrêter sur cette cause très importante de la déperdition de l'azote nitrique au cours de l'hiver.

Pour attirer l'attention sur la dénitrification et pour démontrer que le phénomène est beaucoup plus intense qu'on ne le suppose

(1) Il est intéressant de comparer la courbe obtenue avec celle indiquée page 187 : « Les conditions du sol et la croissance des plantes » E. Russel (édition Flammarion, Paris). Les terres de l'Afrique du Nord sont beaucoup plus riches en azote nitrique.

ordinairement, nous reproduisons ici une expérience faite au commencement de 1928 à Maison-Carrée.

La terre rouge de composition A a été additionnée d'une certaine quantité de terre calcaire pour en avoir 2 %; on y a incorporé 1 ‰ d'azote ammoniacal du sulfate d'ammoniaque. Cette expérience, conduite dans des pots paraffinés et arrosés à volonté de manière à avoir une humidité oscillant entre 20 et 10 % et à éviter toute perte par infiltration, nous démontre (*fig.* 6) que :

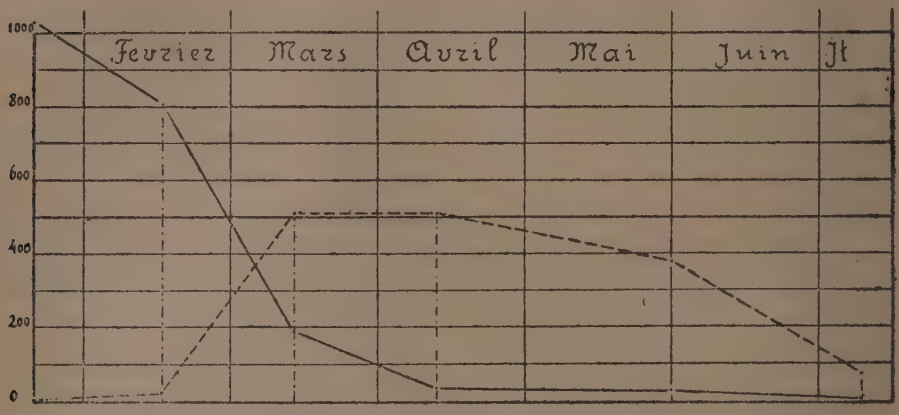


Fig. 6. — Nitrification dans les pots. Maison-Carrée, 1928. (Azote en mgr. par kilo de terre sèche.)

———— Azote ammoniacal.
— — — — — nitrique.

1° Le rendement de la nitrification dans un sol naturel, riche en microbes de toutes spécialisations, n'est jamais égal à 100 %; loin de là; dans un pot nous avons retrouvé le rendement de 66 %; la moyenne de cinq pots qui est représentée à la figure 6 nous donne le 13 mars et le 12 avril les rendements de 51 %. En supposant que le sommet de la courbe n'est pas saisi — il doit l'être pour notre cas, vers le 25 mars — nous pouvons déterminer ce rendement graphiquement comme égal à 56 %. Ce moment de maximum d'azote nitrique correspond à 100 — (56 + 10) = 34 % de perte d'azote. (A ce moment, il reste encore environ 10 % d'azote ammoniacal non transformé.) En supposant même qu'une partie de l'azote soit fixée par les corps des microorganismes, nous sommes obligé d'estimer la perte par dénitrification à 25 % au moins.

Le 9 juillet, au moment du dernier dosage, cette perte dépasse 90 % de l'azote mis en œuvre.

Cela nous indique de toute évidence qu'en l'absence de toute perte par infiltration l'azote nitrique ne peut pas persister dans les terres quelque peu humides. Si les plantes existent, elles partagent les nitrates avec les microbes. Sinon, « l'action des doses croissantes

d'engrais azotés ou phosphatés produit sur le développement des bactéries une action parallèle à celle qu'elles exercent sur les végétaux supérieurs » [1]. Autrement dit : dans la terre, comme en physique, dès qu'il y a une cause qui peut déterminer un mouvement dans un sens, ce mouvement se produit; dès qu'il y a assez d'azote ammoniacal, les ferments nitreux et nitriques se développent pour déterminer la nitrification; et dès qu'il y a assez d'azote nitrique, les dénitrificateurs le saisissent pour ramener ce taux d'azote nitrique à l'état d'équilibre avec les conditions intérieures et extérieures du sol [2] et [3];

2° Le pouvoir nitrifiant des terres de l'Afrique du Nord est énorme. Après la première période d'hésitation qui correspond à la multiplication des ferments nitreux et nitriques, la nitrification devient très active. Du 16 février au 13 mars, nous avons obtenu la nitrification de 60 % d'azote ammoniacal employé.

Pour faire mieux parler les chiffres, nous dirons qu'un hectare, en ne considérant que la couche de 0 à 30 centimètres de profondeur, aurait nitrifié dans les mêmes conditions 2.000 kgs. d'azote ammoniacal en moins d'un mois;

3° La vitesse de la nitrification, très considérable, comme nous l'avons vu, tant que l'ammoniaque est en grande quantité, devient beaucoup plus lente ensuite. Probablement, le pouvoir absorbant du sol argileux s'oppose, dans une certaine mesure, à la nitrification; d'autre part, intervient aussi la concentration. (C'est ainsi que la levure travaille bien et vite presque tout le sucre, mais n'arrive que difficilement à transformer le dernier gramme par litre);

4° Les esprits critiques diront : il n'est point sûr que ce qui se passe dans les pots se passe également dans les champs ! Il faut éviter ces rapprochements peu certains entre les expériences en pots et la culture en pleine terre.

Nous avons fait à Maison-Carrée un essai en pleine terre. Nous ne voulons pas le reproduire intégralement [4], nous nous contenterons de présenter les résultats obtenus avec la parcelle n° 22. Elle a reçu de la chaux carbonatée enfouie par deux labours à la bêche. Deux semaines plus tard, nous avons mis le superphosphate et le sulfate de potasse, que nous avons également enfouis par un labour. Le sulfate d'ammoniaque fut mis à la surface de la parcelle et dissous par une pluie qui eut lieu le jour même de l'application.

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement, fig. 7 et 8.

---

(1) D. Chouchak : C. R. A. Sc., 4-VII-1926 et 10-VI-1924.

(2) Winogradsky : « Sur le pouvoir fixateur des terres ». — Congrès de l'azote en 1928, à Montpellier.

(3) Hall : « Les sols en agriculture », p. 290.

(4) Pour ne pas trop allonger notre exposé, nous ne voulons pas donner ici les tableaux des chiffres relatifs à ces deux expériences; mais à la fin de cette note nous donnons, dans un chapitre à part, tous les renseignements sur les détails et les chiffres obtenus.

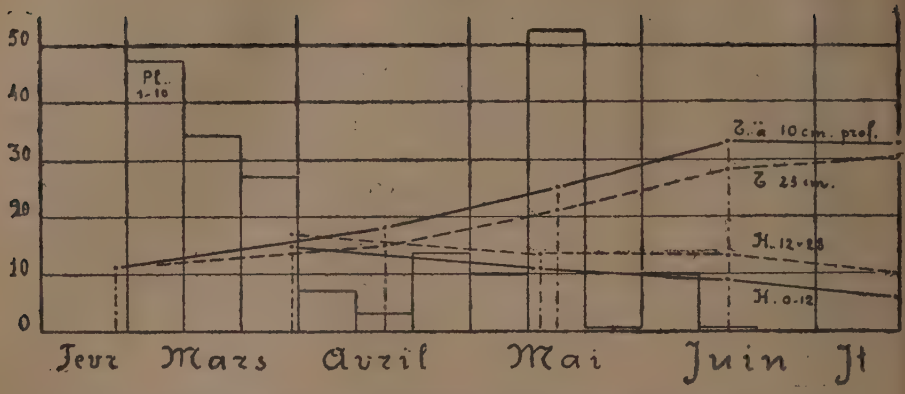


Fig. 7. — Facteurs physiques conditionnant la nitrification dans la terre en place : Pl. = pluies en millimètres par décades; T. = température; H. = humidité de terre.

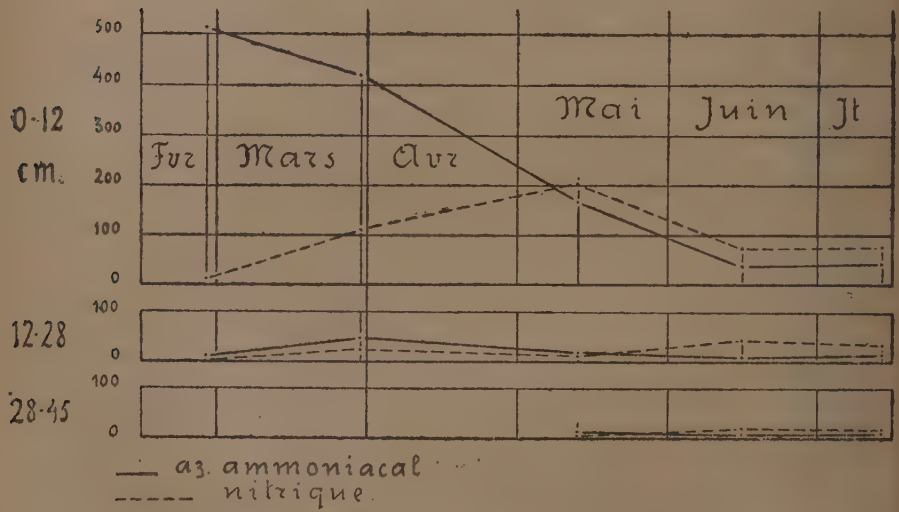


Fig. 8. — Nitrification dans les conditions naturelles (Maison-Carrée, 1928).

Il est facile de se rendre compte que la nitrification se fait dans la terre exactement comme dans les pots.

Cette expérience nous intéresse encore à un autre point de vue : la nitrification de l'azote ammoniacal appliqué au sol en couverture le 1er mars est complètement terminée vers le 15 juin. C'est à retenir pour les agriculteurs algériens et tunisiens.

Nous avons ainsi démontré l'importance de la dénitrification dans

l'Afrique du Nord. Les lecteurs pourront, en examinant nos courbes, se rendre compte que la disparition de l'azote nitrique dans leur terre n'est pas due uniquement à l'infiltration, mais surtout à la dénitrification. Il est donc indispensable de ne pas perdre cet azote; nous renvoyons le lecteur à la figure n° 3, qui permet de chiffrer l'importance agricole des semis précoces.

Quant à la question de circulation des nitrates dans le sol et les pertes par l'infiltration, nous n'en avons pas fait une étude spéciale. Nous nous bornons donc à rappeler les travaux les plus connus qui la concernent : MUNTZ et GAUDECHON : C. R. Ac. Sc. — HALL : « Sol en Agriculture » — SCHREIBER — DEMOLON — MALPEAUX et LEFORT — ROUSSELLE.

Nos analyses nous renseignent sur la quantité d'azote des nitrates existant dans la terre comme résultante de plusieurs causes de déperdition d'une part (infiltration dans le sol profond, dénitrification, absorption par les plantes) et d'augmentation d'autre part (nitrification aux dépens de matières organiques anciennes ou nouvelles provenant de la fixation d'azote par les Azotobacters).

Nous pouvons cependant présenter quelques chiffres relatifs à la question sans rentrer dans la discussion, à cause des raisons que nous venons d'indiquer (Voir le tableau 5 et fig. 5).

Tableau 6. — Humidité % de la terre du champ d'expériences du Service Botanique (culture du Blé)

Pl. : pluies; F. : fraction de pluies qui a traversé la couche d'un mètre ensemencée en blé; G. : gains et pertes d'azote enregistrés, en kilos, par hectare.

Humidité	1928 Décembre		1929 Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
	7	13	21	25	19	8	1	4
0 - 30 cm.	19.6	15.8	16.3	17.0	16.7	13.2	10.0	8.5
30 - 60 "	17.8	14.2	14.4	15.8	18.2	15.2	10.2	7.6
60 - 90 "	16.1	15.6	17.2	—	17.5	18.5	13.7	—
Pl.	5 mm. 8		95.6	38.8	38.8	85.2	10.0	35.0
F.			88.6	42.5	10.6	50.9	très	peu
G. 0 - 30 cm.			— 22.280	— 1.720	+ 2.705	— 2.340		
G. 30 - 60 "			— 11.219	— 27.625	+ 2.625	— 1.782		
G. 60 - 90 "			+ 25.203	⟶	— 46.856	— 5.780		

Nous pouvons ajouter que l'eau traversait déjà la couche d'un mètre de terre à plusieurs reprises avant le 7 décembre, date à

laquelle nous avons pu commencer nos mesures; que les pluies provoquaient régulièrement une infiltration pendant tout l'hiver jusqu'à la fin de février; à ce moment, l'infiltration devient plus faible et elle s'arrête à peu près complètement au mois d'avril.

Donc, les pertes de l'azote nitrique naturel du sol par l'infiltration dans le sous-sol profond sont réelles et s'ajoutent aux effets de la dénitrification pour aboutir à une disparition à peu près complète de l'azote nitrique. A L'Ariana, le sol est plus perméable et retient moins l'eau qu'à Maison-Carrée; la couche de 0 à 30 cm. est complètement dépourvue d'azote nitrique à la fin janvier. A Maison-Carrée, cela n'arrive que fin février, malgré les pluies plus abondantes. La couche suivante, de 30 à 60 cm. de profondeur, a un mois de retard sur la première, et la couche de 60 à 90 cm. a encore un mois de retard sur la deuxième, de sorte que les premiers 90 cm. de terre ne contiennent presque plus d'azote nitrique vers le 1er avril.

2. Détermination de l'époque d'application des engrais azotés.

En tenant compte de tout ce qui vient d'être dit et en consultant les graphiques 1, 2 et 5, 9 et 10, on peut se rendre compte qu'au point de vue du manque d'azote nitrique dans le sol, *l'application d'engrais azoté doit se faire au commencement de mars pour le sulfate d'ammoniaque et à la fin de mars ou au commencement d'avril pour le nitrate de soude ou le nitrate de chaux* (1).

Il faut également tenir compte de la pluviométrie de la région pour assurer la diffusion des engrais et leur utilisation par les racines; il faut également tenir compte du besoin de la récolte en azote.

Dans l'Afrique du Nord, où l'on craint surtout l'échaudage, il est préférable d'éviter le tallage très abondant et le développement excessif de l'appareil foliacé. Il vaut mieux, pour cela, faire une application aussi tardive que possible des engrais azotés.

Il faut cependant être sûr que les pluies arriveront à les mettre à la portée des racines. Il faut avoir un minimum de 50 m/m de pluie après l'application du sulfate d'ammoniaque et un peu moins après le nitrate de soude.

En consultant les moyennes des pluies de Tunisie indiquées dans l'ouvrage de Ginestous : « Le Régime des Pluies en Tunisie pendant la période 1901-1925 », on peut choisir une époque convenable pour chaque région. Pour l'Ariana, par exemple, nous avons (page 7) :

S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.
25	42	58	45	65	51	46	36	20	9	2	4

L'application du sulfate d'ammoniaque peut donc se faire avant le 1er avril, celle du nitrate les premiers jours d'avril; ce seraient les dates extrêmes (2).

Le régime des pluies satisfait donc notre proposition précédente.

Les analyses universellement connues et appréciées de GAROLA établissent que le blé a un besoin en azote surtout grand du tallage à la floraison. GAROLA écrit [1] :

« Pour ce qui est de l'azote, on reconnaît sans peine qu'il vaut « mieux le répandre au printemps qu'à l'automne puisque c'est en « mai (en mars pour l'Afrique du Nord, où il ne gèle pas en hiver « et où la maturité a lieu les premiers jours de juin. L. Y.) que le « blé l'assimile surtout avec avidité. Dès le début du tallage, à cause « de la basse température, la nitrification du sol est très lente. Le « blé *a faim* d'azote. Il faut lui en donner une petite provision sous « une forme très assimilable pour lui permettre d'attendre que les « réserves du sol, en nitrifiant, lui fournissent une quantité d'azote « assimilable en rapport avec son appétit. »

Nous représentons (fig. 9) la courbe de GAROLA et nous superposons une courbe théorique pour l'Afrique du Nord, en supposant le semis effectué au 20 novembre. (Nous avons pris pour le jour du tallage et de l'épiaison ceux de la Richelle 110, qui nous a servi en 1928-29 pour ensemencement de nos parcelles d'expériences.)

Admettons que la bonne récolte de blé, pour la région de Tunis, est de 25 quintaux de grain et de 50 quintaux de paille. Cette récolte demande [2] :

$$\left.\begin{array}{l} 2{,}1 \times 25 = 52^{k}5 \\ 0{,}5 \times 50 = 25^{k}0 \end{array}\right\} \quad 77^{k}5 \text{ d'azote}$$

Majoration pour les racines $\frac{77^{k}5}{5} = 15^{k}5$

TOTAL :..... 93 kgs

D'après GAROLA (page 9) nous avons $3^{k}9 \times 97^{k}5$

Prenons, pour simplifier les discussions, 100 kgs d'azote.

Ces considérations et les courbes de l'azote nitrique dans le sol et le sous-sol du Service Botanique permettent facilement de se rendre compte si le blé a faim d'azote en Afrique du Nord et à quel moment précis de l'année.

La figure 9, en plus des courbes déjà mentionnées, représente la quantité totale d'azote nitrique, dans notre champ d'expériences, dans la couche de terre de 90 cm. de profondeur.

On peut se servir des courbes de la fig. 9 pour la détermination du manque d'azote.

---

(1) C. — V. GAROLA : *Engrais.* II. *La pratique de la fumure*, éd. 1925, pp. 11 et 12.

(2) VÉRY : *Agenda agricole* 1925, pp. 15 et 16.

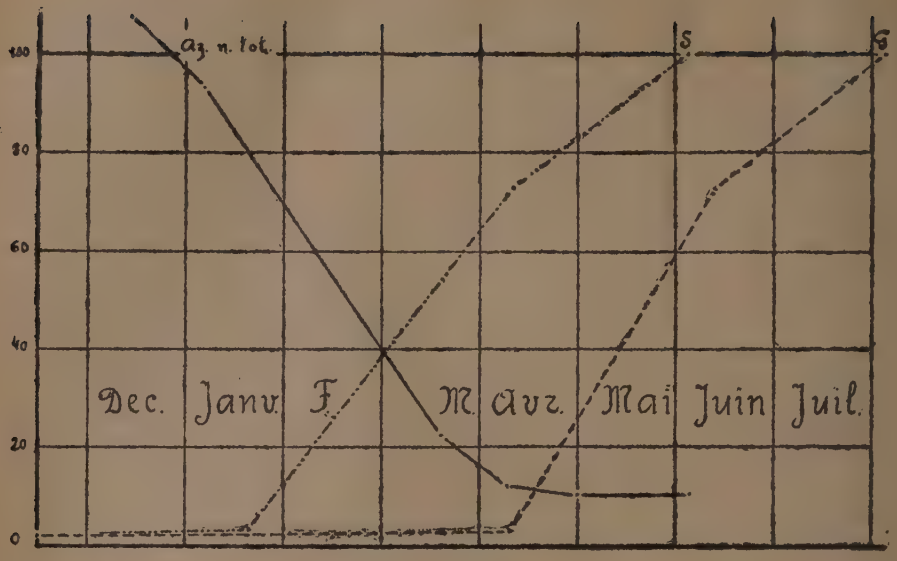


FIG. 9. — Azote nitrique dans la terre d'un champ de blé au cours de la végétation, en kilos par hectare.

———— Azote nitrique dans la couche de 0 à 90 cm. de profondeur. (Az. n. tot.)
— — — — — Exigence de la récolte en azote, d'après Garola (G.)
—..—.—.—..— La même, pour la Tunisie (S.)

Cependant il est plus facile d'obtenir ces valeurs en représentant non pas la quantité d'azote absorbée par le blé, mais celle qui reste à absorber; la fig. 10, qui est construite ainsi, nous permet facilement de déterminer le manque absolu d'azote nitrique.

En établissant le rapport $\frac{\text{manque d'azote nitrique}}{\text{azote nitrique présent}}$ nous pouvons juger de l'importance de ce manque; pour représenter ce *manque relatif* d'azote graphiquement, nous le multiplions par 100 et nous obtenons la courbe qui nous démontre que *le besoin d'azote se fait le plus sentir les premiers jours d'avril* (3).

En juxtaposant nos conclusions (1) - (2) - (3) et en tenant compte de la figure 8 et de son texte, nous voyons que l'*emploi des engrais azotés en Afrique du Nord*(1) *semble avoir sa raison d'être et que les conditions climatériques se prêtent aussi bien à l'utilisation du sulfate d'ammoniaque que des différents nitrates.*

Nous sommes heureux d'arriver ainsi à la même conclusion que

(1) Où l'hiver est doux; — nous n'avons pas eu l'occasion d'étudier les conditions particulières des Hauts Plateaux, où il gèle en hiver.

Détermination de manque relatif d'az. au cours de la végétation du blé.

——— Az. nitrique dans 90 cm. de terre en kgs par ha.
- - - - - Exigeance d'une récolte de blé de 24 qx.
——— Manque absolu d'azote.
- - - - - ——— relatif ———.

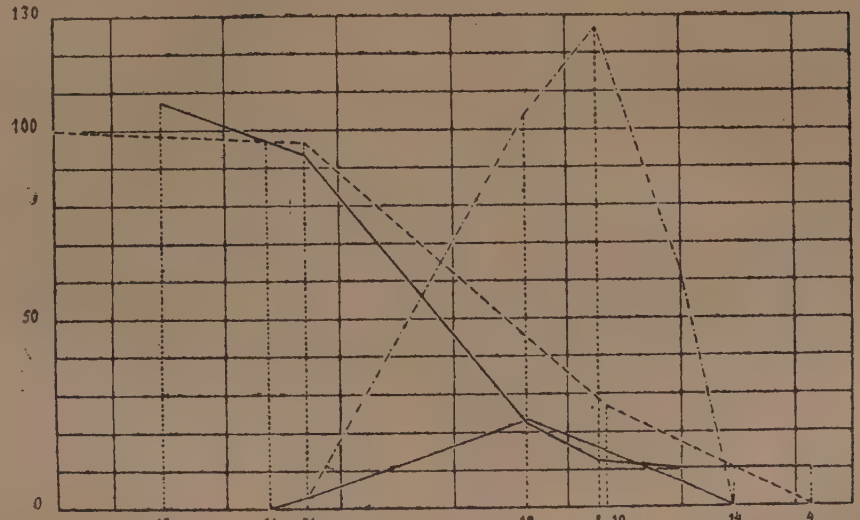


Fig. 10

Pouget [1], dont le travail demeurait unique pour l'Afrique du Nord.

***

Nous avons entrepris cette étude théorique du besoin d'azote en nous basant uniquement sur la quantité variable des nitrates dans les terres nord-africaines. Or, nous avons une certaine raison (matérielle et non matérielle) de procéder de la sorte, parce que, dans une terre normale, l'azote nitreux est à l'état de traces; il ne se présente en quantités appréciables que dans les terres acides et pourrait même servir comme moyen facile de se prononcer sur l'utilité du chaulage; il faudrait mesurer l'intensité de la coloration obtenue avec le réactif de Griess à une période d'année quand il passe par son maximum, au mois de février pour l'Afrique du Nord; la quantité d'azote nitreux la plus forte que nous avons pu enregistrer à Maison-Carrée est de 2 mgr. par kilo de terre sèche, donc, environ 6k5 par hectare.

L'azote ammoniacal, qui est aussi assimilable que l'azote nitrique et nitreux, se trouve, par contre, en quantité notable. La jachère (Ja 1) du Service Botanique en contient le 1er mai 1929 :

	%	par Ha.
0 - 30	6mgr327	20kg879
30 - 60	4 . 528	18 . 112
60 - 90	2 . 570	10 . 280
		49 . 271

quantité aussi forte que celle des nitrates. Malheureusement, nous n'avons pas pu entreprendre à temps ces dosages et nous les ferons systématiquement dans l'avenir.

Enfin, l'azote organique des terres a une fraction soluble et assimilable qu'on peut doser également [2] et [3].

Chacune de ces formes se trouve dans la terre en quantité variable avec la saison et est en rapport avec les autres formes assimilables ou non assimilables. Mais, de toutes, c'est précisément l'azote nitrique qui dans nos terres subit les oscillations les plus fortes et qui est la forme la plus mobile.

Si l'on dosait toutes ces formes, il est possible qu'on trouve suffisamment d'azote pour satisfaire aux besoins de la récolte.

Il ne faut pas attribuer aux chiffres une importance qu'ils n'ont point. Il ne faut pas perdre de vue que ces kilos d'azote nitrique ou

(1) C. R. Académie des Sciences, 15 mars 1909, pp. 725-727.

(2) André : *Chimie végétale*, I. éd. 1924, pp. 339-353.

(3) Pouget et Chouchak : *Annales de la Science Agronomique française et étrangère*, 1913. « Contribution à l'étude de la nutrition azotée des végétaux ».

ammoniacal sont noyés dans une masse d'eau énorme, que même si leur quantité semble être suffisante, l'emploi des engrais azotés, en augmentant la concentration en azote, peut augmenter le rendement.

Il faut donc étudier l'importance de la concentration des solutions nutritives pour l'obtention des hauts rendements; ou bien établir des expériences directes, dans le champ, pour déterminer expérimentalement la meilleure époque d'application des engrais azotés et la quantité à employer pour obtenir, de la manière la plus sûre, un rendement intéressant.

III. Recherche expérimentale de la meilleure époque d'application des engrais azotés

(faite au Service Botanique de Tunisie, à L'Ariana, en 1928-29)

L'idée d'appliquer des engrais azotés autres que les nitrates au printemps n'est point nouvelle, de même que le dosage de l'azote nitrique existant dans les terres.

Demolon, dans le « Rapport sur le fonctionnement de l'Institut des Recherches Agronomiques » de 1927 dit :

« Le maïs et la betterave apparaissent en particulier comme deux plantes ayant des besoins particulièrement nets en nitrates. Cet aspect du problème ramène directement à l'examen de la dénitrification des sols en place. » M. Demolon se dirige ainsi par la voie que nous avons choisie pour la solution du problème quant à la culture du blé.

Lévèque et Metais (Sarthe) signalent les résultats d'expériences entreprises avec le sulfate d'ammoniaque au cours de la campagne agricole 1926-27 et se prononcent en faveur de son emploi en couverture; l'augmentation de rendement est de 5 quintaux de grain pour 100 kgs. de sulfate d'ammoniaque.

Martin et Mercier (Indre-et-Loire), dans un article paru dans « Bulletin Agricole et Viticole de Touraine », 1er janvier 1928, recommandent l'épandage de sulfate d'ammoniaque à la fin février, commencement mars.

Martin (id., avril 1929) a essayé en 1927-1928 de comparer l'action des engrais azotés appliqués en automne et au printemps en couverture. 30 kgs. d'azote appliqués en automne avant le semis donnent un supplément de 3 quintaux de blé; appliqués au printemps 23-24 kgs d'azote donnent une augmentation de $8^{qx}2$ à $8^{qx}4$ de blé.

Dupont (« Rapport sur le fonctionnement de l'Institut des Recherches Agronomiques » 1927) dit : « Dans les sols argilo-calcaires de l'Est, l'épandage *tardif*, en couverture, sur céréales, d'urée ou de chlorhydrate d'ammoniaque (30 kgs d'azote par hectare, 15-20 avril), a une action très voisine de celle observée pour le nitrate de soude ». Autrement dit, l'application la plus favorable précède la récolte de trois mois, comme dans notre cas.

Tableau 7. — Analyse physique des Terres du Champ d'expériences du Service Botanique en 1928-29

Echantillon	Profondeur	Gravier o/oo	POUR 1000 DE TERRE FINE							Couleur
			Calcaire total	SABLE GROSSIER		SABLE FIN		Argile et organiques	Humus	
				Siliceux	Calcaire	Siliceux	Calcaire			
A.....	0 30	17 5	335	341	144	133	191	191		brun.
	30 60	24 0	305	269	126	122	239	244		br. claire
	60 90	9	364	256	112	114 5	252	265 5		brun
B.....	0 30	28	326	326 5	140	129	186	218 5		brun
	30 69	15	320	269	121	131	199	280		br. gris
	60 90	34 5	331	284	123	111 5	208	273 5		brun
C.....	0 30	15	317	306 5	124	151	193	225 5		brun
	30 60	5	367 5	228	99	137	268	267 5		— brun
	60 90	1	400	133	58	149	342	318		br. jaune
	90 100	7	250	104 5	26	155 5	224	490		foncé
D.....	0 30	28	354	279	128	142	226	225		brun
	30 60	15	425 5	270	145	147	281	157 5		rosé
	60 80	13	420	237	134	136	286	207		rosé
E.....	0 30	19	323	257	104	164	219	256		brun
	30 60	10	360	267	114	144	246	229		br. rosé
	60 90		412	144	64	159	348	285		br. rosé
F.....	0 30	24	350	253 5	121	150 5	229	246	7 5	brun
	30 60	2 5	409	322 5	209	93 5	200	175	2 7	br. rosé
	60 90	8 5	160	178 5	31	171	129	490 5	10 0	noir
G.....	0 30	19	353	290	141	135	212	222	4 3	br. claire
	30 60	7 5	410	285	167	105	243	200	1 6	rosé
	60 90	11	401	281	166	116	235	202	1 6	rosé

La littérature sur l'emploi des engrais azotés est tellement importante qu'il est inutile d'essayer d'être complet. Qu'il nous suffise d'indiquer encore les ouvrages de Garola et de Hall, déjà mentionnés, ainsi que les travaux de Pouget et Chouchak.

Le 20 novembre 1928, nous avons tracé 24 parcelles de 20^{m2} ($4^m \times 5^m$) dans une partie du champ d'expériences qui semblait avoir une terre homogène.

L'analyse physique des prélèvements de terre de ce champ d'expériences (tableau 7) permet de tirer la conclusion que le sol, tout en étant de composition physique assez constante, doit être regardé comme assez hétérogène : le sous-sol, foncé et riche en humus, se trouve à des profondeurs variables, à 90 cm en C, à 60 cm. seulement en F, et à 80 cm. en E.

Nous indiquons également la composition chimique de deux échantillons :

		Az	P^2O^5	K^2O	Mg O
F	0 - 30	1.05	1.2	4.1	7.5
	30 - 60	0.44	0.6	2.2	6.9
	60 - 90	0.61	0.8	8.8	5.4
G	0 - 30	1.00	0.95	2.8	9.8
	30 - 60	0.53	0.9	2.4	9.2
	60 - 90	0.49	0.8	2.6	10.4

Nous avons laissé entre les parcelles des bandes de séparation d'un mètre de largeur. Toutes les parcelles ont reçu une fumure de base composée de superphosphate et sulfate de potasse et ayant la teneur, rapportée à l'hectare, de 60 kgs. d'acide phosphorique (P^2O^5) et de 67^k5 de potasse (K^2O). Cette formule paraît, peut-être, forte; mais nous devions avoir la certitude que c'est l'azote qui sera le facteur limitant; il est inutile d'essayer un élément si les autres ne sont pas donnés en quantité suffisante. L'utilisation d'acide phosphorique du superphosphate dans une terre riche en calcaire est supposée égale à moitié de la quantité mise en œuvre [1], ce qui est déjà trop. En réalité, l'utilisation est plus faible, mais nous n'avons pas voulu augmenter outre mesure la concentration des solutions du sol.

Ces engrais ont été répandus à la main, le 22 novembre, et enfouis par une herse à cheval.

Le 23 novembre, nous avons semé la Richelle n° 110, blé tendre sélectionné au Service Botanique, avec un semoir en ligne sur toute la surface. y compris les bandes séparant les parcelles. Un accident s'étant produit dans le distributeur, le semis est fait à raison de

(1) Schreiber : *Annales de la Science Agronomique française et étrangère*, 1928, n° 2, pp. 189-191.

80 kgs. par hectare pour les parcelles 1-8 et de 100 à 105 kgs. par hectare pour les numéros 9-24. Il était trop tard pour refaire le semis; cela aurait provoqué la perte des nitrates naturels; nous aurions été dans les conditions spéciales du semis tardif que nous voulons éviter. Ainsi, nous sommes obligé de nous contenter de la comparaison des rendements des parcelles 9-24 seulement.

Le 31 janvier, jour qui précède la première application des engrais azotés et qui correspond, en même temps, au début du tallage, nous avons fait les observations qui sont indiquées sur la figure 11.

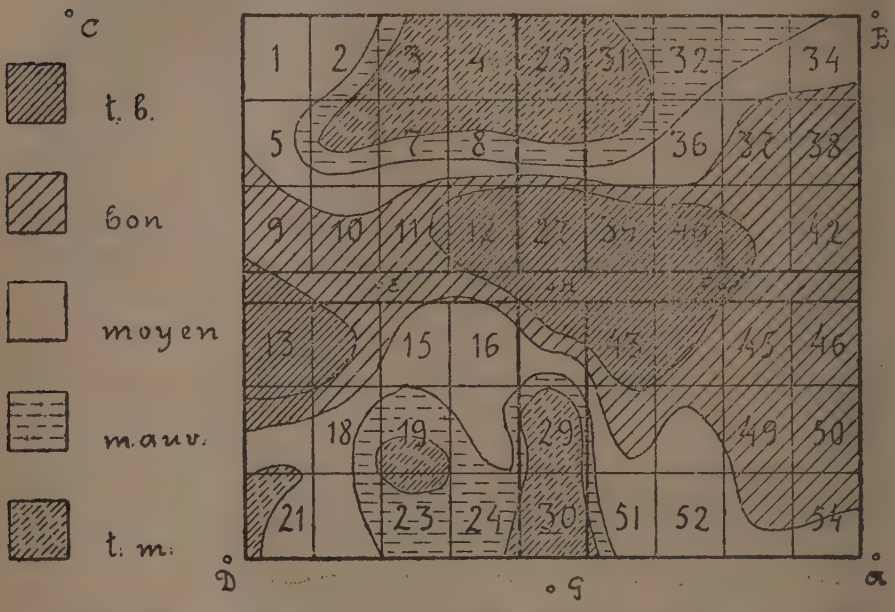


Fig. 11. — Plan du champ d'expériences du Service Botanique de Tunisie en 1928-29. Etat de végétation le 1er janvier 1929.

Ces grandes différences dans la prospérité de la végétation, qu'on peut tous les jours constater à 2-3 mètres de distance, sont surprenantes et sont la règle dans les champs d'expériences, en Afrique du Nord.

Les engrais azotés employés sont le sulfate d'ammoniaque et le nitrate de soude, appliqués en une seule fois, à la dose de 50 kgs, d'azote par hectare.

La disposition des expériences était la suivante :

Nitrate de soude *Sulfate d'ammoniaque*

FORMULE	DATE d'application	PARCELLES	FORMULE	DATE d'application	PARCELLES
N_1	18 février	(1) - 11 - 22	A_1	1 janvier	(2) - 13 - 24
N_2	6 avril	(6) - 16 - 17	A_2	1 février	(4) - 15 - 21
			A_3	25 février	(7) - 14 - 20
Sans Engrais azoté			A_4	15 mars	(5) - 12 - 18
T		(8)-10-19	A_5	5 avril	(3) - 9 - 23

Les applications d'engrais ont été faites dans de bonnes conditions et ont été suivies de pluies. Seule la dernière application a été faite sur les plantes non ressuyées de pluie, pour que la pluie qu'on croyait devoir continuer pût mettre l'engrais à la portée des racines. Cette prévision n'a pas été exacte; les engrais adhérents aux feuilles ont provoqué une brûlure assez forte de ces organes, surtout pour le sulfate d'ammoniaque, dont les cristaux sont légers et adhèrent aux feuilles facilement. L'année est plus pluvieuse que d'habitude. A la Station du Service Botanique, nous avons :

S.	O.	N.	D.	J.	F.	M.	A.	M.
—	—	—	—	—	—	—	—	—
94	37	96	87	49	58	119	12	35 M/^{m}

Les observations au cours de la végétation ne présentent rien de particulier. Nous indiquons seulement les dates de l'épiaison, phénomène qu'on peut saisir exactement; on peut se rendre compte que les engrais azotés n'ont pas provoqué de grandes modifications.

Le 25 mai, une observation a été faite pour estimer l'état de maturité.

Enfin, les 1er et 2 juin, les bandes de séparation ont été fauchées; nous avons pris des notes sur l'état de verse.

Ces observations sont réunies dans le tableau 8.

Nous pouvons en tirer quelques conclusions intéressantes :

1. La feuille se dessèche longtemps avant les tiges et les épis; la Richelle ainsi se comporte comme une plante sans feuilles les derniers jours de la végétation. Le blé « Mahon » se comporte de même.

2. Les témoins sans azote sont moins mûrs que les parcelles avec engrais azotés; le sulfate d'ammoniaque semble être plus dangereux, au point de vue de l'échaudage, que le nitrate, qui a l'avantage de ne pas apporter l'ion d'acide sulfurique et de diffuser plus vite dans le sol.

Tableau 8. — Observations au cours de la végétation

N°	FORMULE	EPIAISON Avril	OBSERVATIONS DU 25 MAI					VERSE	
			RÉGULARITÉ	TIGE	FEUILLE	ÉPI	GRAIN	de la parcelle	moyenne
11	N1	18	bonne	vert pâle	Toutes les feuilles sont sèches	bien blanc	Cireux	2	3.5
22		19	»	a. vert		bon		5	
16	N2	16.5	»	vert		bon	maturité cireuse	5	5
17		18	»	vert		tend à échaud.	incomplète	5	
10	T	16.5	»	presque jaune		verdâtre	cireuse	1	1.5
19		20	»	vert		vert	fin laiteux	2	
13	A1	20	»	vert		blanc	cireuse	5	3
24		18	»	vert		verdâtre	cir. incompl.	1	
15	A2	18.5	»	pr. jaune		bon	cireuse	2	3
21		19	»	a. vert		verdâtre	lait. avancée	4	
14	A3	20	»	vert		blanc	cireuse	3	3
20		15.5	un peu irrég.	jaune		bon		3	
12	A4	16	bonne	jaune		bon	cireuse	5	5
18		18.5	»	vert		Tend à échaud.	cir. incompl.	5	
9	A5	15	»	pr. jaune		à peineé chaud.	cireuse	3	3
23		17	»	vert		verdâtre	cir. incompl.	3	

Tableau 9. — Résultats obtenus à la récolte

N°	FORMULE	PAILLE	GRAIN	RAPPORT : PAILLE / GRAIN	MOYENNE PAILLE	MOYENNE GRAIN	MOYENNE RAPPORT	POIDS de 1.000 grains	POIDS MOYEN en grammes
11	N_1	12.570	5.714	2.20	13.812	5.980	2.30	36.280	35.040
22		15.055	6.245	2.41				33.800	
16	N_2	14.510	6.190	2.34	14 597	6.178	2.36	35.860	34.970
17		14.683	9.166	2.38				34.080	
10	T	11.162	5.035	2.19	11.171	5.250	2.17	37.980	36.560
19		11.180	5.436	2.06				35.140	
13	A_1	14.810	5.873	2.52	13.618	5.872	2.32	33.290	35.110
24		12.426	5.871	2.12				36.930	
15	A_2	13.050	6.186	2.11	13.232	6.135	2.17	34.980	34.965
21		13.415	6.085	2.24				34.950	
14	A_3	14.102	5.856	2.41	13.026	5.781	2.25	32.220	34.435
20		11.951	5.707	2.09				36.650	
12	A_4	14.400	6.311	2.28	13.909	6.219	2.23	33.010	33.225
18		13.418	6.127	2.19				33.440	
9	A_5	13.250	5.300	2.50	12.880	5.620	2.30	34.560	35.890
23		12.510	5.910	2.10				37.220	

3. L'épiaison est légèrement retardée par l'emploi précoce des engrais azotés; elle est, par contre, avancée par un emploi tardif. (?)

4. Les engrais azotés employés à dose assez forte ont provoqué une verse peu grave, mais sensible.

5. Un léger échaudage se manifeste avec les engrais azotés employés à cette dose.

6. L'attaque de rouille est très faible; on ne peut établir cette année aucun rapport entre son intensité et l'époque d'application de l'engrais azoté.

On a coupé le 3-6 juin, à la faucille, aussi soigneusement que possible; les gerbes obtenues ont reçu immédiatement le numéro de la parcelle; la récolte est rentrée à la ferme.

On a battu avec une petite batteuse construite au Service Botanique, le 3-10 juillet, lorsque la récolte a pris le même degré d'humidité.

Le tableau 9 présente les rendements obtenus et le poids de 1.000 grains. Les rendements sont représentés également sur le graphique 12 pour en rendre l'estimation plus facile.

Nous indiquons 16,5 si l'épiaison a lieu le 16 avril au soir.

Epi est marqué « bon » dans le cas où il n'est ni vert, ni blanc, mais doré; cela correspond à un bon grain non échaudé.

Nous distinguons dans la verse les degrés suivants, ce qui permet de faire la moyenne : droit, 1; incliné, 3; versé, 5; assez droit, 2; peu versé, 4; très versé, 6.

Le but de notre expérience est de nous rendre compte de l'utilité de l'emploi des engrais azotés au moment du manque de l'azote nitrique dans la terre et de trouver la meilleure époque.

Or, l'examen des résultats obtenus nous montre que la terre normalement constituée, ensemencée un an sur deux et maintenue en jachère cultivée, l'autre année donne une bonne récolte de blé sans apport des engrais azotés. Nous supposons que le semis est fait au début de novembre ou, en général, avant l'arrivée des fortes pluies d'automne.

Malgré cette richesse naturelle des terres nord-africaines en azote assimilable, l'emploi des engrais azotés au bon moment donne une augmentation sensible de rendement. Ainsi, la comparaison des rendements moyens en grain obtenu s'établit ainsi pour le sulfate d'ammoniaque :

	RENDEMENT	
	par parcelle	à l'hectare
Avec sulfate d'ammoniaque	6kg002	30qx01
Témoin sans azote	5 250	26 25
Excédent dû à l'engrais	0 752	3 76

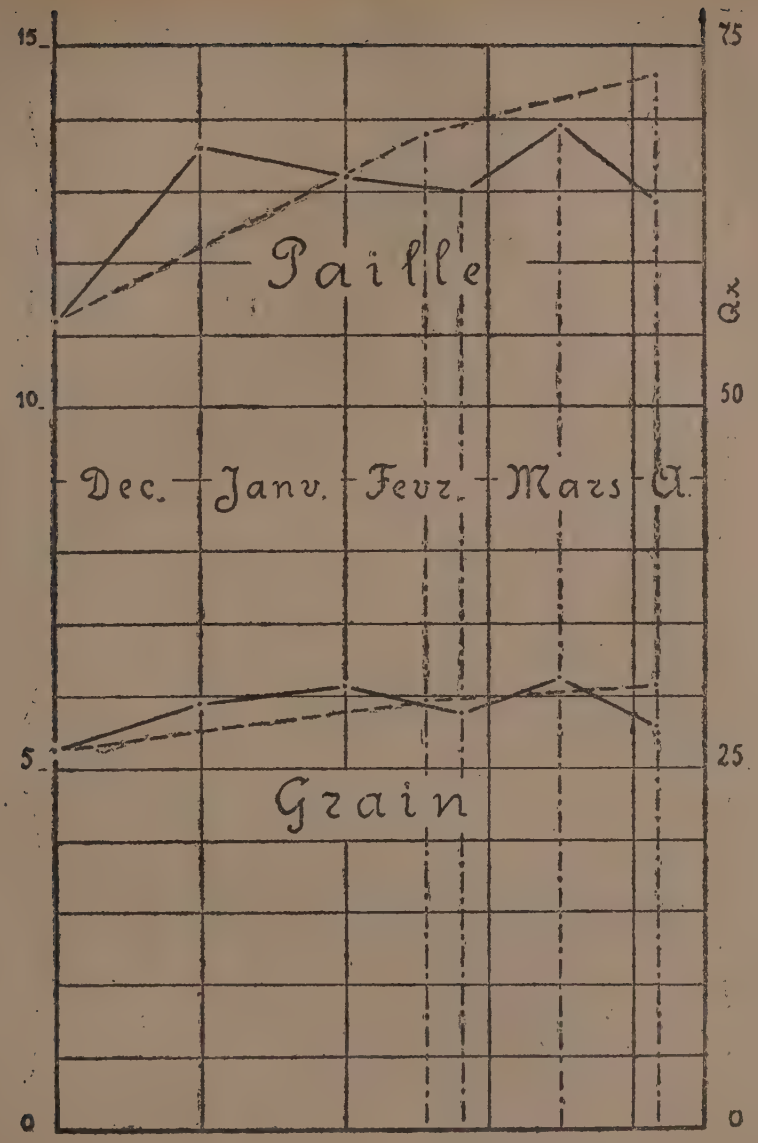


FIG. 12. — Influence de l'époque de l'application des engrais azotés sur le rendement en blé (après la jachère). Le rendement est exprimé en kilos par parcelle, à gauche, et en quintaux par hectare, à droite.

———— avec le sulfate d'ammoniaque.
— — — — — nitrate de soude.

Dans cette estimation, le résultat correspondant à l'application du sulfate d'ammoniaque le 5 avril est écarté, parce que cette application est mal faite. En en tenant compte, nous avons l'augmentation de la récolte de grain de 675 gr. par parcelle ou $3^{qx}375$ par hectare.

L'azote nitrique nous a donné $0^{k}829$ par parcelle et $4^{qx}145$ par hectare.

Il est inutile de calculer le rendement économique des engrais azotés par hectare, parce que nous avons employé une dose *a priori* trop forte, en poursuivant la réalisation des conditions spéciales de l'expérience. On peut cependant noter que l'engrais azoté, même employé à cette dose, est payé par l'excédent de la récolte.

Le point qui nous intéresse surtout, c'est ce que l'engrais azoté employé au moment de la faim d'azote peut augmenter sensiblement le rendement. Nous allons reprendre cette expérience plusieurs années de suite avec des doses plus faibles d'engrais et nous aurons l'occasion de revenir sur cette question.

Par contre, si le semis est fait en retard, l'emploi des engrais azotés est beaucoup plus à sa place, parce que les nitrates accumulés en grande quantité en automne arrivent à disparaître. Nous avons eu l'occasion d'en parler (page 128) et nous tâcherons d'entreprendre une expérience relative à cette question d'une façon plus méthodique.

Il est probable également que l'emploi des engrais azotés se montrera plus efficace et mieux indiqué sur les terres ayant porté l'année précédente une récolte de céréales ou de fourrages. La nécessité économique de restreindre la surface consacrée à la jachère improductive et coûteuse s'impose de plus en plus aux agriculteurs. La motoculture fournit le moyen de préparer très suffisamment, pendant l'été et l'automne, des terres ayant déjà porté une récolte; le complément de la fertilisation devra, sans aucun doute, être demandé aux engrais, parmi lesquels les engrais azotés trouveront probablement leur place.

Quant à la deuxième partie de notre étude — la recherche de la meilleure époque d'application des engrais azotés — l'expérience donne une réponse assez nette pour le cas du nitrate de soude; les deux applications dont l'une est faite un peu plus tôt et l'autre un peu plus tard que le moment de la plus grande nécessité ont donné à peu près la même augmentation de rendement. Nous pouvons supposer que le sommet correspond au 15 mars. Nous obtenons ici la concordance suffisante avec notre conclusion théorique.

Le sulfate d'ammoniaque, à cause de l'insuffisance du nombre de parcelles consacrées à l'expérience, nous a donné une courbe qui laisse un peu à désirer. En la corrigeant, nous devrions avoir le sommet vers le 25 février-1er mars, et, dans ce cas, la prévision théorique se trouve également confirmée.

Avant de terminer cet exposé, nous pouvons remarquer que l'étude basée sur la détermination de la quantité d'azote nitrique dans la terre, sans tenir compte de l'azote ammoniacal et d'autres formes d'azote, nous a permis d'apprécier assez exactement les besoins du

sol en azote et de trouver la meilleure époque d'application. Cette méthode, par conséquent, peut être employée dans l'étude de la question dans des régions dont les conditions climatériques sont assez différentes des nôtres.

Appendice

Au commencement de 1928, nous avons voulu, M. le Professeur Arambourg et nous-même, nous rendre compte de la marche de la nitrification au printemps. Pour cela, nous avons fait deux séries d'analyses :

A. dans la terre mise en pots et additionnée de sulfate d'ammoniaque et de terre calcaire;

B. dans la terre de trois parcelles de notre champ d'expériences qui ont reçu du sulfate d'ammoniaque en couverture.

A. Expérience sur la terre placée dans des pots

Méthodes employées.

Chacun des cinq pots a reçu le mélange de deux terres :

a) 4 kgs de terre rouge de vigne, de bonne constitution physique, mais pauvre en calcaire = 3 k g 580 de terre sèche à 0 % de CO^3Ca;

b) 236 gr. de terre de Sidi-Moussa, également de bonne constitution = 231 gr. de terre sèche à 33 % de CO^3Ca :

a + b = 3 kg 811 gr. de terre sèche ayant 2 % de CO^3Ca;

Chaque pot a reçu 18 gr. de sulfate d'ammoniaque purifié contenant 3 gr. 810 d'azote ammoniacal. Ainsi, nous avons obtenu une terre ayant 1 ‰ d'azote ammoniacal incorporé + 0,0118 ‰ d'azote ammoniacal qui s'y trouvait avant l'incorporation.

Le 20 janvier, les pots remplis de cette terre furent placés dans la serre de Botanique où ils étaient à l'abri des pluies et des vapeurs acides et ammoniacales qui auraient été inévitables au Laboratoire d'agrologie.

Les arrosages contrôlés par la pesée ont permis de ramener l'humidité chaque fois à 20 % et de la laisser descendre à 10 %.

Les prélèvements de terre furent faits en vidant complètement les pots sur une feuille de papier propre et résistante et après une homogénisation parfaite de la terre.

Les méthodes d'analyse ont été :

Azote ammoniacal dosé sur 50 grammes de terre humide délayés dans un ballon d'un litre avec 250 cc. d'eau distillée et additionnés d'une quantité suffisante de Magnésie calcinée; distillation jusqu'au volume de 100 cc; titrage en présence de méthylorange [1].

---

(1) On pourrait appliquer une méthode plus exacte, mais le Laboratoire ne disposait pas des moyens nécessaires. D'autre part, en opérant sur des quantités d'azote ammoniacal assez fortes, on diminue de beaucoup l'erreur due à l'imperfection de la méthode.

Tableau 10. — Nitrification dans les pots

	20 janvier	16 février	13 mars	12 avril	1 juin	9 juillet
AZOTE AMMONIACAL						
Pot N° 10	1083 8	800	—	67	36	12
11	1011 8	820	316	31	17	12
12	1011 8	—	—	73	78	15
13	1011 8	—	65	18	15	9
14	1011 8	792	—	19	18	6
Moyenne	1026	804	190	42	33	11
AZOTE NITRIQUE						
Pot N° 10	4 2	15 6	—	603 2	343 7	102 4
11	4 2	29 5	363	595 0	405 5	43 3
12	4 2	—	—	451 8	458 2	66 2
13	4 2	—	660	332 8	311 9	24 8
14	4 2	25 2	—	564 8	381 8	134 2
Moyenne	4 2	23 4	511 5	509 5	380 2	74 2
AZOTE NITREUX						
Pot N° 10	0 35	6 9	—	0 5	0 4	0 5
11	0 35	9 3	0 8	0 4	0 2	1 2
12	0 35	—	—	0 7	0 2	0 8
13	0 35	—	0 6	0 1	0 1	0 8
14	0 35	5 3	—	0 2	0 1	0 4

Azote nitrique dosé par la méthode colorimétrique avec l'acide sulfophénique, déjà décrite.

Azote nitreux — par la méthode colorimétrique de Griess.

Azote organique — par la méthode de Kjeldahl.

Les résultats d'analyses sont rapportés à 1 kg. de terre sèche et exprimés en milligrammes.

Toutes les analyses ont été faites en simple, vu que les pots avaient absolument la même charge et que la régularité de la courbe obtenue sert de contrôle. D'ailleurs, le temps et la place ne nous permettaient pas de les faire en double.

Le tableau 10 représente les résultats obtenus, sauf l'azote organique, qui donne peu de précision.

Les vides dans le tableau indiquent que le pot n'a pas subi le dosage ce jour-là. Dans ce cas, la terre n'est point remuée.

Nous avons eu l'occasion de présenter les conclusions qu'on est en droit de tirer de cette expérience.

Notons, en passant, que les pots qui ont reçu la terre de même composition et qui ont été placés dans des conditions identiques donnent des résultats très inégaux. La marche générale du phénomène reste la même, mais chaque pot se comporte d'une façon un peu différente : certains nitrifient plus vite que les autres. L'addition des engrais phosphaté et potassique pourrait, peut-être, rendre la marche plus régulière.

B. Expérience sur la terre en place

Vers le 15 février, les n^{os} 22, 23 et 24 de la série V, chacun de 4^{m2}, ont été chaulés avec une chaux éteinte fortement carbonatée. Deux labours à la fourche-bêche ont été donnés pour ameublir le sol à la profondeur de 27-28 cm. et pour y incorporer la chaux carbonatée, 1 kg. par parcelle, et les engrais.

Le 28 février, nous avons fait, par temps calme, l'épandage du sulfate d'ammoniaque en couverture; une légère pluie l'a dissous de suite; ainsi, l'incorporation est faite dans de bonnes conditions. Quantité employée : 1 kg. de sulfate d'ammoniaque contenant 207 gr. d'azote; il faut faire la remarque que la terre a été très creuse et que sa densité était probablement de 0,9 dans la couche superficielle. Ainsi, nous avons :

$$\frac{0^{kg}207}{4 \times 0.12 \times 900} = \frac{0^{k}207}{432} = 0^{gr}480 \text{ d'az. par kg. de terre}$$

Sans grande faute, nous pouvons prendre 0 % 5.

Nous avons donc trois parcelles ainsi utilisées :

N 22 SO^4 Am^2 + Super + SO^4K^2 + Chaux
N 23 Super + SO^4K^2 + Chaux
N 24 SO^4 Am^2 + Chaux

Tableau 11. — Nitrification dans la terre en place

PARCELLE		28 février	29 mars	12 mai	15 juin	13 juillet
AZOTE AMMONIACAL						
22	0 12 cm.	511 4	419 2	164 8	38 6	41 9
	12 28	11 4	46 9	18 3	8 9	17 0
	28 45			10 1	8 9	9 4
23	0 12	12	20 5	6 7	10 0	14 8
	12 28	12	15 7	8 3	8 9	14 0
	28 45			10 0	8 8	7 9
24	0 12	510 4	436 6	187 2	82 8	133 6+)
	12 28	10 4	33 2	18 4	10 5	15 4
	28 45			13 5	8 7	10 9
AZOTE NITRIQUE						
22	0 12	1 7	110 7	202 0	68 7	73 4
	12 28	1 7	24 0	17 3	48 3	34 4
	28 45			5 6	20 3	17 2
23	0 12	1 7	4 2	10 0	21 4	15 0
	12 28	1 7	4 2	4 2	7 4	6 4
	28 45			traces	5 2	5 6
24	0 12	1 4	83 7	174 4	70 2	79 8
	12 28	1 4	18 7	13 0	55 2	48 1
	28 45			2 6	31 9	23 2
AZOTE NITREUX						
22	0 12		0 7	0 9	0 3	0 7
	12 28	0 2	0 4	0 3	0 2	0 8
	28 45			0 2	0 06	0 15
23	0 12		0 2	0 3	0 16	0 5
	12 28	0 2	0 1	0 25	0 08	0 14
	28 45			0 2	0 12	0 06
24	0 12		0 5	0 5	0 27	0 16
	12 28	0 2	0 3	0 2	0 24	0 23
	28 45			0 1	0 18	0 16

+) Chiffre aberrant dû à l'inégalité d'épandage de sulfate d'ammoniaque.

Le superphosphate est employé à raison de 150 gr. par parcelle ou 375 kg. par hectare; le sulfate de potasse, 50 gr. par parcelle ou 125 kg. par hectare.

Le prélèvement des échantillons est fait de la façon suivante : chaque parcelle est divisée en 12 carrés, dont 3 seulement servaient chaque fois. Ainsi, nous avons prévu la possibilité de quatre analyses. Chacun des trois prélèvements était fait en trois couches : 0-12 cm., 12-28 cm., 28-45 cm., la même couche des trois prélèvements était réunie dans un seul échantillon, homogénisé aussi bien que possible.

En plus de ce que nous avons déjà dit, on peut ajouter que l'expérience entreprise démontre que l'azote ammoniacal ne descend pas au-dessous de 15 cm. s'il est appliqué en couverture.

D'autre part, la vitesse de la nitrification ainsi que celle de la dénitrification est en rapport avec la présence dans la terre d'acide phosphorique et potasse assimilables. Si ces deux éléments sont en quantité plus grande, tous les phénomènes vitaux sont accélérés, d'où la conclusion relative à la fixation de l'azote atmosphérique.

C. Sur la nitrification de la cyanamide calcique

Les discussions sur la cyanamide ne sont pas terminées. Certains auteurs lui attribuent une très grande valeur, d'autres prétendent le contraire. Nous avons fait, à Maison-Carrée, un essai de la nitrification de la cyanamide.

Les pots n° 8 et 9 ont reçu la terre mélangée avec les engrais phosphaté et potassique et le carbonate de calcium précipité. (Phosphate bi-potassique afin d'avoir 0 ‰ 1 de potasse et 0 ‰ 08 d'acide phosphorique; CO^3Ca pour que la terre en contienne 2 %; CO^3Mg — 2 ‰ environ.)

Les pots ont été chargés le 8 mars 1928. Les analyses, par les méthodes précédemment indiquées, nous donnent :

Tableau 12. — Nitrification parallèle du Sulfate d'ammoniaque et de la Cyanamide

N° DES POTS	AZOTE AMMONIACAL					
	8 mars	8 avril	23 avril	8 mai	12 juin	9 juillet
8 - $So^4 Am^2$	264.4	20.7	9.8	9.2	10.8	7.5
9 - Cyan.	(264.4)	201.7	115.2	24.5	15.8	7.6

Tableau 12 (suite)

N° DES POTS						
	AZOTE NITRIQUE					
8	2.6	198.1	*)	129.2	96.2	27.5
9	2.6	14.0	103.2	87.8	91.2	67.8
	AZOTE NITREUX					
8	0.1	0.1	traces	1.5	0.05	0.3
9	0.1	0.1	10.0	2.2	0.05	0.5
	TOTAL					
8	267.1	218.9	*)	139.9	107	35.3
9		215.8	228.4	114.5	107	75.9

Il y a là une lacune (marquée d'un astérisque) qui n'empêche pas de se rendre compte de la nitrification beaucoup plus rapide du sulfate d'ammoniaque. Pour avoir 90 % d'azote ammoniacal transformé, il faut un mois pour le sulfate et deux mois pour la cyanamide, dans une terre contenant du calcaire.

***

Puisque c'est à moi qu'est échue, par la force des choses, la tâche de présenter ces travaux, je tiens à exprimer à M. C. Arambourg mes remerciements les plus sincères pour avoir bien voulu me diriger dans mon travail, m'éclairer de ses conseils et m'autoriser à me servir de tous les résultats de nos expériences à Maison-Carrée. Grâce à son obligeance, cette note comporte des résultats des recherches théoriques et d'expériences en plein champ continuées et complétées au Service Botanique de Tunisie.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction 120

I. Expériences de 1927-28 a Maison-Carrée :

1. Régime naturel des nitrates dans les terres de Maison-Carrée. 121
2. Expériences dans le champ..... 125
   a) Influence de l'époque de semis du blé sur le rendement.. 125
   b) Expérience avec l'emploi du sulfate d'ammoniaque au moment du semis..... 128

II. Expériences de 1928-29 au Service Botanique de Tunisie :

1. Régime naturel des nitrates dans les terres du Service Botanique 130
   a) Méthode de dosage..... 131
   b) Données numériques obtenues..... 131
   c) Remarques sur les écarts..... 134
   d) Interprétation : Nitrification et dénitrification. — Mouvement des nitrates dans le sol..... 135
2. Détermination de l'époque d'application des engrais azotés. 140
   1) en se basant sur le manque d'azote nitrique dans la terre 140
   2) en rapport avec la pluviométrie..... 140
   3) d'après l'exigence de la récolte..... 141

Quelques mots sur les autres combinaisons azotées assimilables 144

III. Recherche de la meilleure époque d'application des engrais azotés (expérience dans le champ à L'Ariana)..... 145

Remarque bibilographique sur l'emploi des engrais azotés en couverture au printemps..... 145

Composition de la terre du champ d'expériences..... 147

Détails de l'expérience..... 148

Résultats obtenus 149

Appendice :

Marche de la nitrification au printemps :

A. Expérience sur la terre placée dans des pots..... 155
B. Expérience sur la terre en place..... 157
C. Sur la nitrification de la cyanamide calcique..... 159

HENRI SOULMAGNON

RECHERCHES
SUR
LES CHLORURES APPORTÉS AU SOL PAR L'ATMOSPHÈRE

Travail exécuté au Laboratoire de l'Ecole coloniale d'Agriculture

Comme conséquence de travaux entrepris antérieurement sur les déplacements dans le sol des solutions salines et en particulier de celles de sel marin, leur concentration et leur action sur la végétation, mon regretté prédécesseur, M. BRESSON, et ses collaborateurs avaient été amenés à se préoccuper de l'origine même de ce sel.

Il a évidemment une origine géologique : certains terrains sédimentaires de formation marine ou lagunaire, le Trias par exemple, en sont restés imprégnés; ou bien ont reçu des apports des terrains supérieurs.

Le Chlorure de sodium du sol reconnaît une autre origine : une origine atmosphérique (forme atmosphérique évidemment passagère, le milieu marin en restant le réservoir).

a) *Apports par les pluies.* — L'eau marine, pulvérisée sous l'action du vent, abandonne, après évaporation, des particules extrêmement fines de chlorures solides qui, grâce à la fois à leur état de pulvérisation très poussé et à l'agitation de l'atmosphère, restent très longtemps en suspension, atteignent sous l'action des courants ascendants de hautes altitudes et sont transportés au-dessus des terres.

La pluie jouant à la façon d'une colle dans un vin trouble, entraîne au sol ces poussières et, parmi elles, les cristaux microscopiques de sels.

b) *Apports par les rosées.* — On sait, d'autre part, que la surface du sol, possédant un pouvoir de rayonnement considérable, subit un refroidissement nocturne beaucoup plus rapide que l'air lui-même, qui ne se refroidit guère qu'au contact du sol. Ce refroidissement entraîne une condensation de la vapeur d'eau.

C'est là le mécanisme bien connu de la formation de la rosée et aussi de certains brouillards. Ces condensations doivent entraîner avec elles des poussières de sel marin.

c) *Apports par chute naturelle.* — Enfin, les poussières de sel n'échappent pas à la pesanteur; en dépit de leur vitesse de chute, extrêmement réduite du fait de leurs faibles dimensions. En atmosphère parfaitement calme, elles arriveraient toutes au sol en un temps plus ou moins long; mais il est vrai qu'elles ne seraient pas remplacées. Il n'en reste pas moins qu'il y a, dans la chute naturelle des poussières, une cause d'apport au sol.

De ces trois modes d'apport, nous ignorions l'importance. Nous ne possédions de chiffres que pour le premier. En France, on avait évalué l'apport par les eaux de pluies à environ 30 kilos par hectare et par an; plus ou moins, suivant la proximité de la mer. On a donné des chiffres beaucoup plus élevés (Bordas et Desfemmes, C. R. A. S. — 26 septembre 1927, pp. 603 et suivantes); mais, dans ces recherches, on n'a eu en vue que la zone immédiatement côtière, ou l'influence des embruns marins est considérable.

D'autre part, la différence profonde des climatologies tunisienne et parisienne, par exemple, ne permettait pas d'adopter des chiffres déterminés en France. Le rôle considérable que jouent les apports salins dans le chimisme du sol justifiait des recherches spéciales.

L'apport par eaux de pluies était d'une évaluation facile : l'eau du pluviomètre de l'Ecole coloniale d'Agriculture de Tunis fut utilisée pour le dosage par la méthode volumétrique de Mohr, choisie en raison de sa rapidité. Cette méthode fut plusieurs fois contrôlée et comparée avec les autres méthodes de dosage des Chlorures. Les résultats furent exprimés en chlorure de sodium.

Les conditions météorologiques : direction du vent, vitesse, durée de la précipitation, etc., ont été notées. Ces observations n'ont apporté aucun fait qui ne pouvait être prévu : la quantité est d'autant plus forte que le vent est plus directement marin et que la vitesse en est plus grande. Toutes les anomalies observées correspondent à des manifestations orageuses : orages proprement dits ou grains, et s'expliquent immédiatement si l'on considère le mécanisme de ces manifestations.

Les chiffres des tableaux suivants font ressortir une moyenne d'apport annuel de 90 kilos par hectare.

Il faut tenir compte de ce fait que l'Ecole coloniale d'Agriculture est proche de la mer d'environ 12 kilomètres et qu'à environ 1 kilomètre se trouve un lac saumâtre. Mais étant donné le développement côtier de la Tunisie, et ce fait que les vents dominants (Ouest et Nord) sont continentaux, les chiffres obtenus gardent une valeur d'approximation pour de très grandes surfaces agricoles.

Les expérimentateurs s'étaient préoccupés d'obtenir des chiffres se rapportant à des lieux géographiques et à des conditions climatériques différentes. Les chiffres obtenus pour des points éloignés de la côte sont très notablement plus faibles mais sont encore relativement élevés. Ces chiffres, en raison de l'irrégularité des envois et du peu de précautions apportées à la réception des eaux de pluies, n'offrent pas l'absolue sincérité que mérite la publication.

Les efforts des expérimentateurs échouèrent dans l'appréciation des apports par condensations dites occultes et par chute naturelle, cela pour des raisons diverses.

Dans le premier cas, de nombreux chiffres furent obtenus mais vraisemblablement souvent viciés par des causes diverses : formation d'oxyde de zinc réagissant sur le nitrate d'argent; absorption rapide, au Laboratoire, de vapeurs d'acide chlorhydrique ou de chlorure d'ammonium; cela malgré la variété des récipients ou des matières absorbantes utilisés : récipients en zinc, en verre, en porcelaine, noir animal, molleton, sables siliceux, etc.

Dans le cas des chlorures apportés par chute naturelle, on a cherché à obtenir des renseignements en tentant d'évaluer la quantité contenue en suspension dans un volume d'air mesuré et pris près de la surface du sol.

Les expérimentaturs n'ont pu alors déceler la présence du chlorure dans l'air, et encore moins obtenir des chiffres quantitatifs, parce qu'ils n'ont pas tenu compte de ce fait qu'un corps solide en suspension dans l'air, ou un gaz, ne peut être absorbé par un liquide dans lequel on fait passer lentement le gaz ou l'air, qu'à la condition de posséder lui-même, à la température d'expérience, une tension de vapeur notable : ce qui n'est pas le cas pour le chlorure de sodium.

Il aurait fallu utiliser la méthode par refroidissement et condensation qui aurait créé un brouillard dans la masse d'air, brouillard englobant et entraînant les particules salines et permettant ainsi leur absorption.

Les recherches faites dans ces deux dernières voies, si elles n'ont pas solutionné le problème, ont au moins permis de faire quelques intéressantes observations et d'avoir une idée approchée du résultat cherché.

C'est ainsi qu'il ne me paraît pas exagéré d'évaluer la quantité apportée au sol par ces deux dernières voies à un chiffre au moins égal à celui de l'apport par les pluies.

***

Les chiffres suivants sont dus en majeure partie à M. Bresson et à ses collaborateurs : MM. Pelletier, Juhel et Villaudy.

Chlorures dans l'eau de pluie

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
1921 10 novembre	17		faible	NW	0.02911	4.948
15	1,5		id.	S	0,01746	4.262
16	5,5		id.	NW	0.01455	0.800
20	1,5		id.	NW	0.02619	0.393
23	4,6		id.	NW	0.02328	1.071
2 décembre	4,5		id.	NW	0.01455	0.655
5	1,9		id.	W-NW	0.01746	0.332
6	10,3		id.	NW	0.01455	1.499
11	1		modéré	SW	0,02328	0.233
14	4,5		id.	N-NW	0.0351	1.579
16	0,7		faible	N	0.03217	0.255
18	1,8		modéré	W	0.0193	0.347
26	34,5		fort	N	0.02925	10,091
27	12,5		modéré	NW	0.01755	2.194
28	2,0		id.	N	0.02925	0.535
30	13,0	4 h. 30	id.	W-NW	0,026325	3.422
31	2,3			N-NW	0.055575	1.278
1922 1er janvier	17,5		faible	W	0.0234	4.095
3	5,6	3 h.	fort	N	0.02925	1.638
4	17,7	12 h.	très fort	W-NW	0.073125	12.943
5	30,0	20 h.	fort	W-NW	0.03453	10,361
6	24,0	21 h.	modéré	NW	0.02544	6.107
7	3,0	2 h.	assez fort	N-NW	0.0275	0.725
14	4,5		faible	SW	0.023985	1.079
18	10,6	6 h.	fort	SE-NW	0.019305	2.046
19	3,0		modéré	NW	0.034536	1.036
20	9,0	6 h.	faible	N-NW	0.01755	1.580
21	12,0	8 h.	t. faible	N-NW	0.014625	1.755
22	3,0	2 h.	faible	N-NW	0,01521	0.456
26	2,4		modéré	NW	0.01755	0.421
1922 6 février	6,0	2 h.	id.	W-NW	0.02340	1.404

Chlorures dans l'eau de pluie (suite)

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
12	12,0	6 h.	modéré	N	0.03744	4.193
13	0,4	½ h.	id.	N	0.034536	0.138
15	5,5	4 h.	id.	N-NW	0.015795	0.869
21	6,5	4 h.	faible	NE	0.04212	2,838
24	1,7		id.	NE	0.027505	0.457
22 mars	2,5	1 h.	très fort	SE	0.041535	1.038
30	3,5	3 h.	t. faible	N-NE	0.02749	0.962
18 avril	7,3	3 h.	modéré	NW	0.028565	2.085
2 mai	3,5	2 h.	faible	SW	0.034515	1.208
3	2,7	1 h.	assez fort	N-NW	0.0234	0.631
juin, juil., août	0,0					
5 septembre	0,5	nuit			0.0117	0,585
24	24,6	14 h. 30	fort	SW	0.0219	5.387
26	0,9	½ h.	faible	W-NW	0.0321	0.288
3 octobre	1,7		id.	W	0.11115	1.889
12	1,4		t. faible	SW	0.0230	1.322
15	1,3		id.	SE	0.0215	0.279
25	1,2		assez fort	SW	0.0351	0,421
5 novembre	3,5	nuit	faible	NW	0.0687	2.404
8	2,3	nuit	id.	W	0,0394	0.706
9	3,1	2 h.	modéré	W	0.0175	0.542
27	2,0				0.0819	1.638
28	3,3				0.0585	1.930
29	3,7				0.0409	1.513
8 décembre	4,0	averses	id.	NW	0.0232	0,812
9	gouttes					
10	3,2	grains	id.	NW	0.08190	2.620
11	13,5	4 h.	fort	NW	0,04995	5.528
12	0,5	½ h.	faible	NW	0.078975	1.342
18	1,2					
21	2,1	3/4 h.	id.	W	0.02635	0.553
31	3,0		id.	W	0.020475	0.614

Chlorures dans l'eau de pluie (suite)

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
1923 2 janvier	20,7		fort	N-NW	0.020475	4.238
3	6,5		faible	W	0.026325	1.711
4	2,4		id.	W	0.00875	0.210
6	1,3		id.	W	0.014625	0.190
11	4,3		modéré	W	0.014625	0.628
14	0,8		id.	W-SW	0.020475	0.163
17	8,5		id.	NE	0.032175	2.734
18	1,5		assez fort	W-SW	0.049025	0.735
19	10,0		modéré	NW	0.01638	1.638
20	2,5		faible	SW	0.01638	0.409
23	6,5	intermit.	id.	NW	0.00819	0.576
24	4,7	intermit.	modéré	NW	0.016965	0.797
25	21,5	intermit.	id.	NE	0.006438	1.384
27	1,0	nuit			0.06435	1.287
28	1,0					
30	7,5	nuit			0.0117	0.877
4 février	11,2	nocturne	faible	SW	0.01053	1.179
5	2,5	nocturne	id.	W	0.00819	0.204
6	4,8	nocturne	modéré	W-NW	0.00702	0.336
7	0,8	grains	faible	W	0.01921	0.159
9	0,5	grains	fort	NW	0.0571	0.285
10	non relevée			W-SW		
12	16,2	nocturne	id.	W-SW	0.0143	2.316
13	25,3	14 h.	id.	NW	0.0164	4.149
14	7,3	5 h.	modéré	N	0.01755	1.281
19	5,5	averses	assez fort	W-NW	0.01639	0.901
20	7,8	nocturne	modéré	W	0.01052	0.820
22	1,9	nocturne	id.	W	0.00585	0.111
24	3,0	nocturne	assez fort	W	0.01748	0.524
28	2,1		fort	NW	0.0152	0.319

Chlorures dans l'eau de pluie (suite)

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
1923 3 mars	7,4	nuit	très fort	SW	0.0212	1.668
4	2,0	nuit	fort	W	0.0491	0.982
5	18,0	contin.	assez fort	NW	0.0250	4.500
10	1,4	averse	id.	W	0.0333	0.467
11	2,3		faible	NW	0.0936	2.152
12	6.0		t. faible	W-SW	0.01521	0.912
14	1,7				0.0200	0.340
17	1,3	nuit	id.	NW	0.02808	0.365
20	1,5	nuit	id.	S	0.0234	0.351
21	1,2		id.	S-SE	0.19656	2.358
23	3,1		id.	SE	0.02807	0.870
24	3,5				0.01521	0.532
3 avril	1,5		id.	SE	0.0702	1.053
4	10,4		faible	E	0.1287	13.384
6	6,8		t. faible	N	0.1402	8.412
8	5,0		faible	W	0.0046	0.230
9	0,5				0.0327	0.163
13	32,0	10 h.	très fort	N-NE	0.00822	2.630
26	3,7	1 h.	faible	W	0,02106	0.779
28	2,5		modéré	W	0.02457	0.614
29	1,2		faible	W	0.02691	0.322
26 mai	5,2				0.02637	1.891
28	0,3				0.0585	0.175
19 juin	3,4				non dosés	
juillet, août	0,0					
12 septembre	25,8				non dosés	
4 octobre	10,5				0.0117	1.228
1er novembre	20,0				0,011115	2.223
1	10,0	5 h.		NW	0.009945	0.994
2	2,4	3 h.		NW	0.009945	0,238

Chlorures dans l'eau de pluie (suite)

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
1923 7 novembre	2,8	2 h. ½		N-NW	0.015795	0.242
13	0,8	nuit	moyen	W	0.014625	0.117
1er décembre	14,0	6 h.		NW	0.014124	1.977
2	1,0	nuit		W-NW	0.02354	0.235
7	2,0	nuit		SW	non dosés	
13	9,0	intermit.		W	0.006435	0.057
14	7,4	nuit		NW	0.011115	0.822
15	1,0	nuit		W	0.021645	0.216
16	3,0	nuit		NW	0.01755	0.526
20	5,3	intermit.		NW	0.04095	2.170
21	12,0	3 h.	assez fort	W	0.054405	6.523
22	24,3	24 h.		NW	0.01989	4.833
30	3,2	intermit.		SW	0.075465	2.414
31	2,5	intermit.		N-NW	0.015795	0.394
1924 1 janvier	8,5	nuit		NW	0.01521	1.292
2	11,5	24 h.	moyen	NW	0.00702	0.807
6	2,9	nuit		NW	0.01755	0.508
9	0,4	3 h.		SW	0.0351	0.140
10	2,3	24 h.		W-NW	0.01755	0.403
11	0,2	24 h.		SW	0.05265	0.105
12	1,7	24 h.		SW	0.078975	1.342
17	3,0	24 h.	violent	NW	0.01755	0.526
23	12,7	nuit		NW	0.0117	1.485
24	0,3	nuit		NW	0.04095	0.122
29	15,2	6 h.		NW	0.013455	2.045
30	23,0	orage		N	0.04797	11.033
31	17,5	24 h.		W	0.026325	4.606
1 février	37,3	intermit.		NW	0.01872	6.982
3	0,9	nuit		W-SW	0.025155	0.226
7	4,3	intermit.		NW	0.059085	2.540

Chlorures dans l'eau de pluie (suite)

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
1924 10 février	7,4	nuit		NW	0.008775	0.649
12	1,5	nuit	calme	W	0.03861	0.579
23	2,1	intermit.	violent	W	0.04563	0.958
24	2,5	intermit.	id.	W	0.05382	1.345
25	1,7	intermit.	id.		0.0468	0.795
28	9,4	intermit.	id.	N-NW	0.033345	3.134
29	6,0	intermit.	id.	W	0.02691	1.614
15 mars	24,0	intermit		NE	0.02808	6.739
16	0,5	3 h.		NE	0.0936	2.665
18	13,4	3 h. ½	orage	NE	0.01989	0.468
20	12,0	1 h.	id.	SW	0.01638	1.965
21	1,6	20 h.		SW	0.01755	0.280
24	3,7	nuit		W	0.02925	1.075
25	4,2			W	0.0175	0.735
26	3,9	nuit		W	0.02691	1.049
28	2,0	nuit		SW	0.02691	0.538
2 avril	0,8			NW	0.0468	0.374
3	2,4			NW	0.03042	0.730
19	3,0			NW	0.02223	3.890
20	14,5			NW		
21	5,8			NW	0.02808	1.628
8 mai	7,9	nuit		NW	0.014625	1.155
23 juin	2,8	3 h.			0.03159	0.894
juillet, août	0,0					
27 septembre	3,5	3 h. ½	faible	W-NW	non dosés	
4 octobre	24,0	1 h. ½	violent	W	0.02808	6.739
5	5,2	3/4 h.	faible	SW	68610'0	1.034
20	2,3	nuit	modéré	NW	0.02691	0.618
24	gouttes			NW		
26	gouttes	nuit		NW		

Chlorures dans l'eau de pluie (suite)

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
1924 11 novembre	5,7	½ h.	violent	NW	0,02808	1.600
12	2,7	averses	moyen	NW	0.02223	0.600
13	4,0	nuit	id.	NW	0.01872	0.748
18	9,0	nuit	id.	NW	0.0234	2.106
19	1,5	nuit	id.	N-NW	0.02106	0.315
20	3,0	nuit	id.	N-NW	0.02457	0.737
28	28,4	6 h.	fort	NW	0.01404	3.987
29	30,2	intermit.	moyen	NW	0.01755	5.300
3 décembre	2,3	2 h.	violent	NW	0.01287	0.296
4	gouttes	10 minut.		NW	0.0	
6	gouttes	10 minut.	moyen	NW		
7	3,2	intermit.	id.	W	0.03042	0.973
8	3,0	intermit.	fort	W	0.02925	0.877
9	1,2	intermit.	moyen	NW	0.02457	0.294
10	9,2	6 h.	fort	NW	0.01521	1.399
14	2,2	intermit.	id.	NW	0 01755	0.386
18	28,2	24 h.	moyen	NW	0.0117	3.299
19	4,0	4 h.	id.	E-NE	0.02106	0.842
20	5,0	intermit.	id.	NE	0.01872	0.936
1925 6 janvier	2,0	4 h.	id.	NW	0.0341	0.682
7	7,0	nuit	violent	N	0.03978	2.784
8	8,6	intermit.	id.	NW	0.03744	3.219
16	gouttes	1 h.				
28	gouttes	nuit	faible	NW		
29	gouttes	nuit	id.	NW		
2 février	gouttes	nuit	moyen	N-NW		
9	10,1	intermit.	id.	NW	0.04563	4.608
24	3,9	intermit.	fort	NW	0.04914	1.916
3 mars	3,3	1 h.	violent	NE	0 03393	1.119
6	1,6	intermit.	moyen	W	0.04329	0.692

Chlorures dans l'eau de pluie (suite et fin)

DATES	PLUIE		VENT		NACL	
	Quantité en m/m	Durée	Force	Direction	‰	l'hectare en kg.
1925 16 mars	9,2	nuit	violent	NW	0.04212	3.875
17	3,7	intermit.	id.	NW	0.07956	2.943
20	28,6	nuit	fort	N	0.02223	6.357
21	6,7	intermit.	id.	N-NW	0.03042	2.038
31	17,6	nuit	faible	SE	0.01989	3.500
1 avril	3,2	intermit.	moyen	SE	0.02925	0.936
3	1,4	nuit	id.	NW	0.0234	0.527
4	6,7	4 h.	id.	NW	0.0234	1.567
8	6,3	nuit	id.	NW	0.02106	1.326
10	3,2	nuit	id.	W	0.04212	1.347
11	4,0	nuit	id.	NW	0.02223	0.889
19 mai	9,8	nuit	id.	W-NW	0.040095	4.013
22	9,5	2 h.	violent	S	0.0341	3.239
juin, juillet	0,0					
20 août	12,5	1 h.	id.	SW	non dosés	
6 septembre	3,7	1 h ½	id.	SW	0.03393	0.983
9	gouttes					
13	3,1	nuit	modéré	E	0.03376	0.945
21	6,0	3/4 h.	fort	SW	0.02223	1.333

Totalisation par mois et par années agricoles

MOIS	1921-1922		1922-1923		1923-1924		1924-1925	
	Pluie m/m	Chlorures à l'hectare kg.	Pluie m/m	Chlorures à l'hectare kg.	Pluie m/m	Chlorures à l'hectare kg.	Pluie m/m	Chlorures à l'hectare kg.
Novembre.....	30.1	7.474	17.9	8.734	36.0	3.815	84.5	15.396
Décembre.....	89.0	22.470	23.5	11.472	84.7	20.178	59.3	9.305
Janvier.....	142.3	44.470	101.7	11.582	99.2	24.421	17.6	6.686
Février.....	32.1	9.899	38.9	12.590	73.1	18.826	14.0	6.525
Mars.....	6.0	2.000	49.4	15.501	65.3	15.517	70.7	20.528
Avril.....	7.3	2.085	24.0	27.590	26.5	6.623	24.8	6.395
Mai.....	6.2	1.839	5.5	2.067	7.9	1.155	19.3	7.253
Juin.....	0		3.4	non dosés	2.8	0.895	0	
Juillet.....	0		0		0		0	
Août.....	0		0		0		12.5	non dosés
Septembre.....	26.0	6.261	25.8	non dosés	3.5	non dosés	12.8	3.263
Octobre.....	5.6	2.912	10.5	1.228	31.5	8.392	(1)	
TOTAUX.....	344.6	99.182	360.6	96.764	430.5	99.822	315.5	85.351

(1) Etude arrêtée au 24 septembre 1925.

TH. PAGLIANO

ET

J. SÉGUÉLA

Comportement du PACHYTYCHIUS AVULSUS Faust

(Charançon nuisible aux grains de blé immatures)

au Service Botanique et à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis

SOMMAIRE

Avant-propos et origine de ces recherches.
Le parasitisme des espèces rattachées au genre *Pachytychius* Jekel.
Description sommaire de l'adulte et de la larve.
Quelques notes sur le cycle évolutif de *Pachytychius Avulsus* Faust (les apparitions d'adultes, la ponte, l'œuf, les éclosions, le développement larvaire, la nymphose).
Considérations générales sur le parasitisme de *Pachytychius Avulsus* Faust :
1° Dans les cages du Service Botanique.
2° Dans les cultures :
a) milieu expérimental — *b*) époque de ponte — *c*) degré de parasitisme suivant les variétés — *d*) facteurs entravant ou facilitant le parasitisme — *e*) éloignement de l'hôte support et ses conséquences.
Moyens de lutte.

Avant-propos et origine de ces recherches

En Tunisie, les parasites des grains récoltés sont aussi nombreux que dans n'importe quelle région à céréales.

Rhizopertha dominica Fab., Bostrichide polyphage et *Plodia interpunctella* Hübner, Pyrale des denrées alimentaires qui découpe comme à l'emporte-pièce le germe des grains, s'allient aux espèces cosmopolites et banales appartenant aux genres *Calandra*, *Tinea*, *Sitotroga*, *Tribolium*, *Sylvanus*, et à quelques commensaux moins dangereux.

Leur comportement et les moyens de lutte qui les jugulent ont fait l'objet d'une étude parue dans la *Tunisie Agricole* du 1er janvier 1927.

L'un des moyens de lutte préventifs décrits dans cette communication consiste à fermer hermétiquement silos et greniers et à détruire par l'asphyxie les parasites qui auraient pu se soustraire aux opérations préliminaires et purement mécaniques telles que : nettoyage, badigeonnage, incinération des débris et mangeures.

Ainsi nettoyés, dépourvus d'insectes et fermés en attendant la récolte, le silo, le grenier, le magasin, peuvent être comparés à une boîte ou à un flacon hermétiquement clos.

Des grains sains placés dans un tube à essais ou un flacon fermés d'un fort tampon d'ouate sont à l'abri de leurs parasites. En introduisant dans les silos des grains indemnes et en prenant les précautions nécessaires pour éviter la pénétration des rongeurs, il est hors de doute qu'ils seront respectés aussi longtemps qu'on le voudra.

Ce moyen de lutte vise la plupart des parasites des grains récoltés et non l'Alucite, par exemple, dont la première génération évolue dans les champs, avant la récolte. Dans ce cas, et dans les cas similaires, d'autres moyens de lutte entrent en jeu. Car, en Tunisie, la présence de *Sitotroga*, *Calandra* et *Tribolium* a été signalée dans les meules. Ce fait exceptionnel (le battage et l'engrangement se faisant, dans la majorité des cas, avec la moisson) annihile les bienfaits de tout traitement préventif aussi judicieusement appliqué que possible.

Dès 1926, M. Bœuf, Directeur du Service Botanique, avait observé, dans les grains de la plupart des variétés à l'étude, des larves blanches et mineuses.

A la récolte, de nombreux grains rongés et poussiéreux attestaient la présence d'un insecte dont le degré de parasitisme était pour le moins inquiétant : 50 % pour le blé tendre, 20 % pour le blé dur. Ces observations, les premières en ce qui concerne la nouvelle espèce parasite, ont été faites dans la cage aux hybrides du Service Botanique, où les blés et leurs parasites sont à l'abri des grands prédateurs, des oiseaux en particulier. Le rôle des oiseaux est ici évident : l'insecte signalé par M. Bœuf existe partout en Tunisie, mais son degré de parasitisme est loin d'atteindre celui qui a été signalé dans les cages, et la différence ne peut être imputée, entre autres causes, qu'à l'action bienfaisante des oiseaux.

A première vue, les larves en question paraissaient appartenir à un Curculionide.

Mocquerys aurait rencontré *Calandra* sur les tiges de blé au moment de la floraison. Cette observation n'a pas été confirmée par la suite. La découverte de M. Bœuf allait-elle confirmer les dires de Mocquerys ? Quoiqu'il en soit, un fait subsistait : un parasite autre que *Sitotroga* était capable de pondre dans les grains avant la récolte et par là même rendait inopérantes toutes les pratiques préventives indiquées par Pagliano dans la *Tunisie Agricole* de janvier 1927.

A quoi bon, s'il en était ainsi, si ce nouveau parasite pouvait, comme *Sitotroga*, pénétrer dans les silos avec les grains nouvellement récoltés, lutter préventivement, engager des dépenses, si deux parasites redoutables (en dehors du cas du parasitisme en meules) n'étaient pas touchés ? Même en admettant une mortalité élevée au moment des battages, le danger qu'offre *Sitotroga* allié à celui qu'éventuellement le Curculionide peut présenter est d'un ordre suffisamment élevé pour éloigner de nos pratiques celles qui, inopérantes et coûteuses, ne résolvent qu'en partie le problème de la destruction des parasites des grains récoltés.

Fort heureusement, le parasitisme de la larve signalée par M. Bœuf s'arrête à la récolte, le charançon n'ayant qu'une génération annuelle.

L'insecte parfait, Curculionide de la tribu des Eirrhinini et du genre *Pachytychius* Jekel, a été rattaché à l'espèce *avulsus* Faust.

Comment se fait-il que ses dégâts aient échappé à l'observation des intéressés ?

Les dégâts de *Pachytychius avulsus* Faust, comparables à ceux de la première génération de *Sitotroga*, ne sont décelés, comme ceux de *Sitotroga*, qu'à la moisson, au battage ou, mieux encore, à l'examen direct après frottement des épis entre les paumes. On voit alors 1, 2, 3 et parfois 5 ou 6 grains par épi évidés, ridés, poussiéreux, légers et ne résistant pas au souffle qui, d'ordinaire, n'enlève du creux de la main que les glumelles et les barbes desséchées.

En d'autres termes, le parasitisme de *Pachytychius avulsus* Faust, qui n'est décelé qu'à la pesée, est grave, aussi grave que celui de la première génération de *Sitotroga cerealelfa*.

Le parasitisme des espèces rattachées au genre Pachytychius

Le genre *Pachytychius* Jekel (1886), dit Bedel, habite une grande partie de l'ancien monde et paraît surtout concentré dans la région occidentale du bassin de la Méditerranée.

Quelques-unes de ses espèces ont un mode de vie connu : la larve de P. *haematocephalus* et celle du *sparsutus* vivent dans les gousses des *Papilionacées*, la première sur les *Lotus*, la deuxième sur les *Sarothammus;* suivant Perris, la larve du *P. scabricollis* attaque les capsules de l'*Helianthemum guttatum*, plante de la famille des Cistacées (Bedel).

Pachytychius avulsus Faust est commun au printemps, en Algérie-Tunisie. Cette espèce est spéciale au Nord de l'Afrique. Toutefois, on aurait signalé à Silvestri sa présence et des dégâts dans les céréales en Sicile.

Le Docteur Normand l'a rencontrée en Tunisie depuis longtemps dans les céréales, mais pensait qu'elle vivait aux dépens des légumineuses spontanées, comme les différentes espèces capturées dans n'importe quelle région tunisienne, en particulier au bord de la mer et dans les oueds sablonneux.

En outre, le Docteur Normand émet l'idée que des espèces voisines, et notamment *squamosus* Gyl. de la France méridionale, peuvent attaquer les céréales, à moins que les céréales soient des hôtes occasionnels.

L'espèce *avulsus* paraît si bien adaptée aux céréales, qu'on se demande s'il s'agit bien pour celles-ci d'une plante de prédilection, d'un hôte définitif ou occasionnel. Il ne serait pas surprenant de trouver P. *avulsus* sur Papilionacées, comme on trouve *fuligineus* Debrochers sur les *Lotus*. Mais le fait n'a pas été démontré. Le Docteur Normand l'a bien capturé au pied des céréales et en fauchant un peu partout, mais ne peut préciser, dans ce dernier cas, l'habitat.

Description sommaire de l'adulte et la larve

L'adulte. — L'adulte est un petit Curculionide aux formes globuleuses mesurant 3 m/m 5 à 4 m/m de long sur 1 m/m 5 de largeur. Sa coloration générale est brune, allant du brun clair au brun de poix.

Sur le rostre court et cannelé s'insèrent les antennes coudées, brun foncé, formées de douze articles munis de poils, les quatre derniers disposés en massue. A la base ressortent les yeux, noirs et hémisphériques.

Deux dépressions latéro-postérieures, séparées par un sillon unissant le bord antérieur au postérieur, s'observent sur le corselet, segment brun foncé, légèrement piriforme. Des poils courts et aplatis, blanchâtres, souvent disposés par deux, y sont uniformément rangés.

Trois rangées parallèles de vingt-deux minuscules cabochons disposés en chapelet sont placées de part et d'autre de la suture médiane des élytres. Une nervure, bien marquée, sépare les deuxième et troisième rangées. Une quatrième rangée est moins bien dessinée, et la dernière, oblique, courte et apparente, rejoint le bord externe de l'élytre à mi-distance de son point de départ. Entre les rangées, et particulièrement entre les deux premières, des plaques de cire blanche s'assemblent de manière à former des traînées qui contrastent avec le brun de poix de l'élytre. Ces plaques, lenticulaires, disposées avec ordre, forment entre la première et la deuxième rangées de cabochons deux lignes blanches et festonnées reliant le point d'attache de l'élytre à l'extrémité. Entre les autres rangées, les plaques ne descendent qu'au quart environ de l'élytre. Ces plaques s'effacent par la suite. Il y a au total quatre stries postuées par élytre, une nervure ou arête et une strie marginale ne dépassant pas l'épisterne méthathoracique.

Les pattes sont robustes, velues.

Cinq articles recouverts d'une fine pilosité forment l'abdomen.

La larve. — La larve, blanche, apode, à peine velue, et armée de fortes et courtes mandibules, mesure à l'état adulte 5 m/m de longueur; seule la tête contraste par sa coloration brune avec les autres parties

du corps. On compte douze segments globuleux, sillonnés et munis de mamelons ventraux. Les stigmates, bruns, sont portés par les quatrième, cinquième, sixième, septième, huitième, neuvième et dixième segments. Deux dépressions dorsales marquent le neuvième segment. Les mamelons ventraux des segments thoraciques et la face dorsale des deux derniers segments abdominaux sont légèrement velus.

Quelques notes sur le cycle évolutif de Pachytychius avulsus

Le cycle évolutif de *Pachytychius avulsus* a été étudié, en 1928 et 1929, dans les collections du Service Botanique et dans les cultures de l'E. C. A. T., sur diverses variétés de blés durs et de blés tendres.

Les apparitions d'adultes. — Les adultes apparaissent dans la deuxième quinzaine d'avril. A deux reprises, en 1928 et en 1929, les premiers adultes ont été capturés le 16 avril, et les premières pontes notées le 22 avril sur les épis en fleurs de la Richelle.

Il ne faut évidemment pas confondre les dates de capture avec celles d'apparition, mais il y a dans celles de *Pachytychius avulsus* Faust une indication suffisante qui précise le degré de parasitisme sur les variétés précoces ou tardives.

La ponte. — Comme on se trouve en présence de variétés diverses de blés tendres et de blés durs, la ponte a naturellement lieu avant, pendant et après l'épiage.

Dans le premier cas, avant l'épiage, la femelle fécondée perce de son rostre la gaine et les feuillets protecteurs, se retourne et dépose un œuf dans la partie carénée de la glumelle externe (pl. 1, fig. 1).

Pendant et après l'épiage, la pondeuse recherche le même feuillet et loge en moyenne deux ou trois œufs, exceptionnellement huit ou dix, dans la région médiane de l'épi.

Chaque femelle pond, du 20 avril au 15-20 mai, 60 à 80 œufs.

L'œuf. — Teinté de jaune, semblable à des ovules de gélatine, l'œuf de *Pachytychius avulsus* Faust mesure :

0^{m}/^{m}480 à 0^{m}/^{m}540 de longueur;
0^{m}/^{m}276 à 0^{m}/^{m}300 de largeur.

Une matière gluante, blanchâtre et propre à le faire adhérer aux glumelles, recouvre sa coque souple et translucide (pl. 1, fig. 2).

Les éclosions. — La durée d'incubation est variable : deux à cinq jours. Quelques heures avant l'éclosion, la larve se dessine, l'œuf est le siège de légers mouvements. Vue par transparence, la larve se présente sous la forme d'une massue ornée, dans la partie amincie, d'une tache sombre, la tête (pl. 1, fig. 3).

Dès son éclosion, la larve, qui se dégage lentement et souvent avec difficulté de la coque, cherche à pénétrer dans le grain laiteux (pl. 1, fig. 4).

Développement larvaire. — Dès le début de mai, la larve nouvellement éclose trouve avec l'Irakié et le Florence par exemple une nourriture suffisante, un grain laiteux.

Elle pénètre aussitôt dans le grain.

Cependant, elle se nourrit aux dépens du péricarpe, et des mangeures (débris du péricarpe non ingérés) s'amassent autour de la partie rongée (pl. 1, fig. 5).

La pénétration est normale ou tangentielle. Dans le premier cas (pl. 1, fig. 8), le péricarpe et l'assise à aleurone sont rongés et la larve se trouve immédiatement dans la zone laiteuse. Elle y creuse une logette (pl. 1, fig. 9) puis, au bout de quarante-huit heures, s'enfonce dans la substance.

Dans le second cas (pl. 1, fig. 6), la larve soulève le péricarpe, creuse un sillon de largeur variable qui prend rapidement une teinte roussâtre entre le péricarpe et l'assise à aleurone, puis s'enfonce perpendiculairement dans la matière nutritive (pl. 1, fig. 7). Des granulations roussâtres indiquent nettement le point de pénétration. L'orifice de pénétration, situé sur la face dorsale du grain, est creusé en un point qui paraît quelconque.

Dans ce cas comme dans le premier, la larve creuse avant tout une loge. La loge et les premières galeries périphériques sont marquées à l'extérieur par un léger affaissement et par quelques taches claires (pl. 11, fig. 10). Les bords de l'orifice de pénétration, déchiquetés et roussis, font saillie.

Exceptionnellement, les grains peuvent être attaqués par deux ou trois larves. Ils ne peuvent en nourrir qu'une, difficilement deux.

La jeune larve, blanchâtre et transparente, se déplace lentement. Elle ne réagit pas ou réagit faiblement au toucher.

Cinq jours après la pénétration, les grains sont bien formés quoique peu consistants. L'orifice de pénétration, toujours visible, nullement cicatrisé, fait tache au centre de la dépression. La larve circule dans la substance pâteuse et refoule vers le trou de sortie des mangeures, qui font parfois hernie.

Ordinairement, la larve n'attaque qu'un lobe, celui qui correspond au point de pénétration. Elle enlève une partie de la substance alimentaire et la remplace par des mangeures, des excréments. Le lobe présente à l'extérieur des rides et des taches claires.

A ce moment, la larve mesure 2 $^{m}/^{m}$ de longueur sur 1 de largeur.

L'embryon est respecté par les jeunes larves. Mais petit à petit, comme si cet organe les attirait, les larves s'y dirigent, le dégagent en creusant la substance qui l'entoure et finissent par l'entamer (pl. 11, fig. 11).

Cependant, les adultes continuent leur ponte. Ne pouvant plus loger leurs œufs dans les grains pâteux et bien fermés, dont les téguments plus fermés s'opposeraient à la pénétration larvaire, ils visitent les épis formés tardivement pour une variété déterminée et recherchent surtout les variétés à floraison moins hâtive (Richelle, Baroota-Wonder, Mahon).

Dans la deuxième quinzaine de mai, les grains se raffermissent; les larves, qui ont doublé et même triplé leurs dimensions primitives, attaquent des tissus de plus en plus consistants et nutritifs. Les grains présentent alors des bandes roussâtres irrégulières, affaissées (pl. 11, fig. 12).

Dans le grain, la larve, d'un blanc crémeux, réagit fortement au toucher.

Le lobe primitivement attaqué est en partie creusé, le lobe opposé l'est à peine. On trouve dans le grain des mangeures, des granulations excrémentielles et les enveloppes de la mue.

Nymphose. — A la fin du mois du mai et au début de juin, les épis approchent de la maturité, les enveloppes se dessèchent. Et sur la couleur paille des glumelles les traces de piqûres ressortent nettement en rouge brique. Les grains durcissent : ils ne résistent plus à la pression des doigts. Ceux qui sont parasités attirent l'attention par leurs rides, leur consistance molle, leur couleur roussâtre et leurs taches grises ou enfumées, noirâtres en dernier lieu (pl. 11, fig. 13).

Puis, les larves les abandonnent et se laissent tomber sur le sol.

Dans le grain, on ne trouve que des mangeures, des excréments bruns et noduleux, des exsuvies et, fréquemment, des moisissures (pl. 11, fig. 14).

Les orifices de sortie sont diversement situés (pl. 11, fig. 15).

Dès leur sortie, les larves s'enfouissent à une profondeur variable et se transforment en nymphe. L'adulte ne sera libéré qu'au printemps suivant.

Considérations générales sur le parasitisme de Pachytychius avulsus Faust

A. Dans les cages du Service Botanique

a) *Milieu expérimental.* — Toutes les observations relatives à *Pachytychius* ont été faites en *1928* et *1929* dans les cases du Service Botanique sur diverses variétés de blés tendres et de blés durs : Irakié 231, Florence 135, Baroota-Wonder 52, Richelle 110, Mahon 73, Mahon 124, Biskri, Mahmoudi, Sbéi, Hamira, et sur quelques variétés moins connues en Tunisie (Timilia, Marzatico, Wagenberg, Hallands, Dalas, Gelchsheimer-Sommer, Janetzkis, Fruchreiter, Nörikes). Ces variétés, à l'exception des dernières, dont il ne sera pas question, ont été semées *tardivement*, dans la première semaine de décembre.

Aux semis tardifs, qui modifient quelque peu le comportement de l'hôte et du parasite, il convient d'ajouter, pour les années 1928 et 1929, une température moyenne inférieure à la moyenne décennale, — nouvel agent modificateur du milieu.

Enfin, la proximité des bandes et parcelles, presque toujours ensemencées dans les cases, est un facteur favorable à l'évolution de l'espèce.

b) *Epoque de ponte.* — L'évolution, naturellement liée à la présence d'une nourriture suffisante et acceptable, est sous la dépendance directe de l'époque de ponte : les larves provenant de pontes hâtives et celles de pontes tardives, qui ne trouvent que des organes floraux ou des grains bien formés, succombent faute de nourriture ou en présence d'une nourriture qu'elles ne peuvent entamer.

Avant l'épiage et pendant l'épiage des variétés précoces, qui s'accomplit dans le courant de mars, on ne trouve sur les plantes aucun adulte (Irakié, Florence).

En avril, les épis des variétés à développement normal pour la Tunisie sortent de leurs gaines (Richelle, Baroota-Wonder, Mahon). Cet épanouissement coïncide avec les premières apparitions d'adultes. Les pontes sont nombreuses, plusieurs femelles se rencontrent sur le même épi et la formation de grains laiteux et aptes à nourrir les jeunes larves précède de peu les éclosions : toutes les circonstances favorables au développement de *Pachytychius* se trouvent réunies.

Au début de mai, et même fin avril, fleurissent les variétés tardives, les blés durs, aristés. Elles reçoivent, malgré la protection plus apparente que réelle de leurs barbes, les dernières pontes des adultes sortis en avril et celles des femelles retardataires.

En conséquence, on se trouve en présence de trois cas distincts :

a) toute larve issue de ponte précoce ne peut qu'incomplètement s'alimenter aux dépens des organes floraux : elle succombe, et le grain avorte. Le parasitisme n'est pas d'un ordre élevé, les larves appartenant à cette catégorie n'étant pas en nombre;

b) toute larve se trouvant en présence d'un grain laiteux évolue et déclanche un parasitisme à redouter;

c) toute larve se trouvant en présence d'un grain à téguments plus ou moins fermes ne peut que difficilement poursuivre son évolution.

Le parasitisme est moins à redouter, négligeable, et nul aux approches de la maturité.

c) *Degré de parasitisme suivant les variétés.* — Les pontes hâtives et les pontes tardives ne modifient pas sensiblement le degré de parasitisme. Ce qu'il importe de connaître, c'est la période pendant laquelle le blé présente aux Curculionides des grains laiteux au moment de la ponte en masse. Cette période — période dangereuse — donne à peu de choses près, dans les conditions précitées, le degré de parasitisme de *Pachytychius* pour une variété déterminée de blé.

Théoriquement, les variétés très précoces et très tardives sont les moins exposées aux attaques du charançon.

Irakié 231 et Florence 135 ont présenté, en 1928 et 1929, des grains laiteux susceptibles de recevoir des pontes en masses du 3 au 9 mai, soit 8 jours et 26,64 % des pontes.

Richelle 110 reçoit dans les mêmes conditions des pontes du 9-10 mai (ponte massive à la fin de la floraison) au 21 mai, soit 12 jours et 40 % des pontes.

Baroota-Wonder 52 et Mahon 73 et 124 en reçoivent du 13 au 21 mai, soit 8 jours et 26,64 % des pontes.

Biskri et la plupart des blés durs n'en reçoivent en masse que pendant 4 jours, soit 13,36 % des pontes.

d) *Facteur entravant ou facilitant le parasitisme.* — En réalité, l'évolution et le parasitisme peuvent affecter des formes différentes.

Avant tout, le parasitisme sur les divers blés cultivés en Tunisie est subordonné à l'époque d'apparition des *Pachytychius* adultes. Or, les apparitions d'adultes au printemps sont étroitement liées à plusieurs facteurs dont quelques-uns, la température et la pluviométrie en particulier, ont ou paraissent avoir une égale influence sur les parasites et l'hôte parasité.

Cependant, un troisième facteur retarde ou accélère les sorties d'adultes : la profondeur à laquelle sont enfouies les nymphes.

A quelle profondeur trouve-t-on les nymphes ?

Les premières nymphes se forment dans la deuxième quinzaine de mai, et les dernières au début de juin, avec les variétés tardives. Il y a donc un écart de 20 à 25 jours entre les premières et les dernières larves qui se nymphosent dans le sol.

Cet écart se traduit surtout par une pénétration larvaire plus ou moins profonde dans la couche arable.

Effectivement, en mai-juin, les pluies sont rares, le sol se crevasse et son degré hygrométrique diminue sensiblement tous les jours. La terre durcit, les instruments la pénètrent difficilement, et, conséquence inévitable, les larves, qui se transforment tôt ou tard, s'enfouissent plus ou moins profondément. Beaucoup d'entre elles, surtout par période de sécheresse et lorsque la nature physique des terres s'y prête, sont arrêtées à quelques centimètres de la surface et semblent ne pouvoir se transformer ou n'avoir par la suite (labours qui exposent les nymphes à l'air libre et à l'action de leurs prédateurs) aucune chance de développement.

On trouve donc normalement des nymphes à différentes profondeurs, entre 4-5 c/m et 40-50 c/m. C'est le cas général.

Si le sol a été ameubli par les pluies exceptionnelles de mai, les larves se rassemblent et se nymphosent, à quelques centimètres près, suivant la nature des terres, entre 40 et 50 centimètres.

Si le sol est dur, très dur, les nymphes s'installent près de la surface, à quelques centimètres d'écart également.

Dans le premier cas (cas général), on note au printemps suivant des sorties d'adultes irrégulières, la sortie en masse ayant lieu de fin avril aux premiers jours de mai.

Dans le second cas, les sorties, assez régulières, ont un retard de quelques jours sur celles du cas précédent.

Dans le troisième cas, en dehors d'une mortalité élevée qui doit être envisagée et qui réduit d'autant le parasitisme, la sortie en masse se fait de bonne heure, dans la première quinzaine d'avril.

Suivant le cas envisagé, c'est-à-dire suivant la pluviométrie en avril-mai et la nature physique des terres, les apparitions seront hâ-

tives ou tardives. Une différence de quelques jours dans les apparitions (d'une dizaine ou d'une quinzaine de jours, par ex.), met telle variété à l'abri ou sous le coup d'un parasitisme plus ou moins grave.

e) *Eloignement de l'hôte support et ses conséquences.* — L'assolement biennal et le semis hâtif sont de règle dans de nombreuses régions agricoles.

Pachytychius est aptère. En conséquence, les adultes nés dans les jachères nues doivent s'acheminer vers les champs cultivés. Le trajet que ces petits insectes doivent parcourir pour se poser sur les épis de blé est un facteur important qui s'ajoute aux précédents pour protéger les variétés précoces.

Dans les champs, on sème tôt : fin octobre et dans le courant de novembre. Il y a de ce fait un décalage sensible entre la formation des grains laiteux (cas général) et celle des blés semés tardivement dans les cages du Service Botanique. Ce décalage, qui favorise les blés semés de bonne heure en devançant la floraison, est en grande partie annihilé (et peut même tourner en sens contraire) par le parcours plus ou moins long et plus ou moins accidenté que doivent effectuer les charançons pour parvenir à la plante hôte.

Ne pouvant trouver à temps leur nourriture, désorientés parfois, étant la proie des prédateurs, en particulier des oiseaux, de nombreux parasites doivent succomber en s'acheminant vers l'hôte éloigné.

A ces raisons, suffisantes pour expliquer un moins grave parasitisme dans la plupart des régions à céréales, s'ajoutent l'alternance des cultures et tous les éléments défavorables propres à ces diverses régions.

Moyens de lutte

Quelques parasites combattent *Pachytychius*. Deux Hyménoptères à larves ectoparasites sont assez communs dans la banlieue de Tunis. Ils n'ont pas été déterminés.

La lutte ne peut être que préventive. Elle découle des observations précédentes.

L'alternance des cultures doit être envisagée en premier lieu, l'espèce n'attaquant que le blé.

En second lieu, si les résultats de 1928 et 1929 peuvent être généralisés, il convient de s'adresser aux variétés les plus hâtives et les plus tardives.

On ne peut donc préconiser, en dehors de l'alternance des cultures, qu'une lutte de vitesse, lutte à laquelle concourent tous les artifices que la culture du blé met à la disposition des agriculteurs.

Mais, en Tunisie, où la pluviométrie, si capricieuse, joue un rôle primordial, il serait imprudent de se baser sur des observations de si courte durée et, partant, de conclure et démontrer que les variétés les plus précoces et les plus tardives sont *toujours* à l'abri ou moins parasitées que celles qui fleurissent normalement.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

1. Ponte avant la floraison : *p*, piqûre ou alvéole creusée par la femelle dans laquelle sera déposé l'œuf.
2. OEuf fraîchement pondu.
3. OEuf quelques heures avant l'éclosion.
3. Eclosion : la larve entraîne la coque.
5. Pénétration de la larve : *h*, poils; *m*, mangeures; *z*, zone de pénétration.
6. Larve creusant un sillon sous le péricarpe (*p*) avant de pénétrer dans la partie centrale du grain; *m*, mangeures.
7. Sillon *s* précédant le point de pénétration *pp*. dans les parties sous-jacentes : *p*, péricarpe; *pd*, partie dégarnie de son péricarpe.
8. Pénétration directe.
9. Loge creusée immédiatement après la pénétration directe.

(*Figures originales.*)

PLANCHE II

10. Zone d'affaissement : *t*, taches claires; *opt*, orifice de pénétration.
11. Attaque de l'embryon *e* : *pst*, péricarpe enlevé pour montrer la larve dans sa galerie.
12. Profonde galerie décelée à l'extérieur par une bande roussâtre.
13. Aspect d'un grain après le départ de la larve : *r*, rides; *t*, taches foncées; *os*, orifice de sortie.
14. Quartier de grain présentant une partie *pr* entièrement rongée; *ps*, partie indemne; *af*, affaissement.
15. Epillet : *os*, orifice de sortie; *g*, glumes; *gle*, glume externe.
16. *Pachytychius avulsus* Faust.
17. Larve adulte de *Pachytychius avulsus*.

(*Figures originales.*)

PLANCHE III

Comportement du *Pachytychius avulsus* Faust au Service Botanique, Tunis, pendant les années 1928 et 1929 :

AA. Apparition des adultes : *pc*, premières captures; *cm*, captures en masse; *dp*, dernières pontes.

P. Période de ponte : *pp*, premières pontes; *pm*, pontes en masse; *dp*, dernières pontes.

DL. Développement larvaire.

I et F. Evolution de l'Irakié et du Florence, à partir de l'épiage.

R. Evolution de la Richelle.

BW et M. Evolution du Baroota-Wonder et du Mahon.

B. Evolution d'un blé dur, le Biskri.

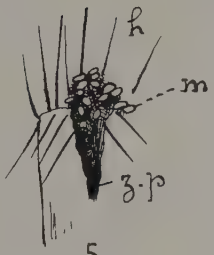
p. d. Période dangereuse.

1

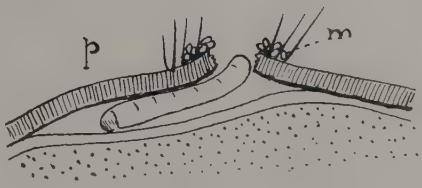
2

3

4

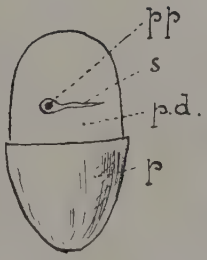


5

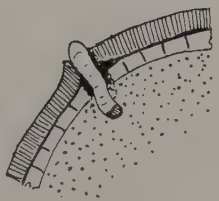


6

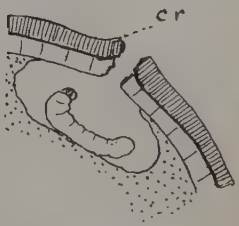
P. 1930



7

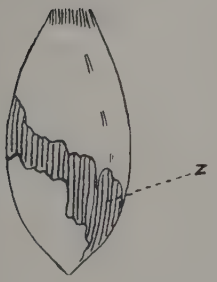


8

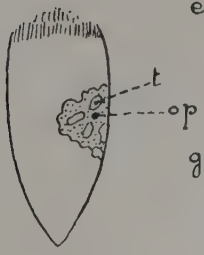


9

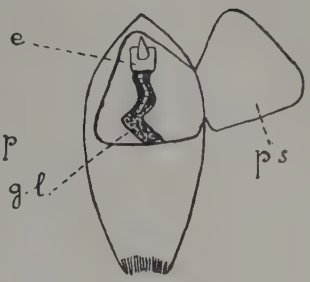
Grandeur naturelle



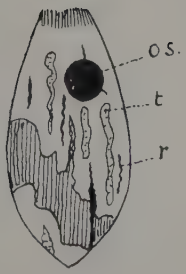
12



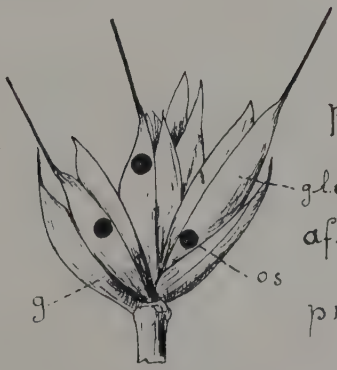
10



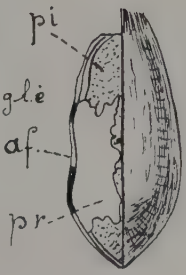
11



13

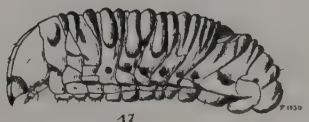


15



14

16



17

PACHYTYCHIUS AVULSUS - (FAUST) **Planche 3**

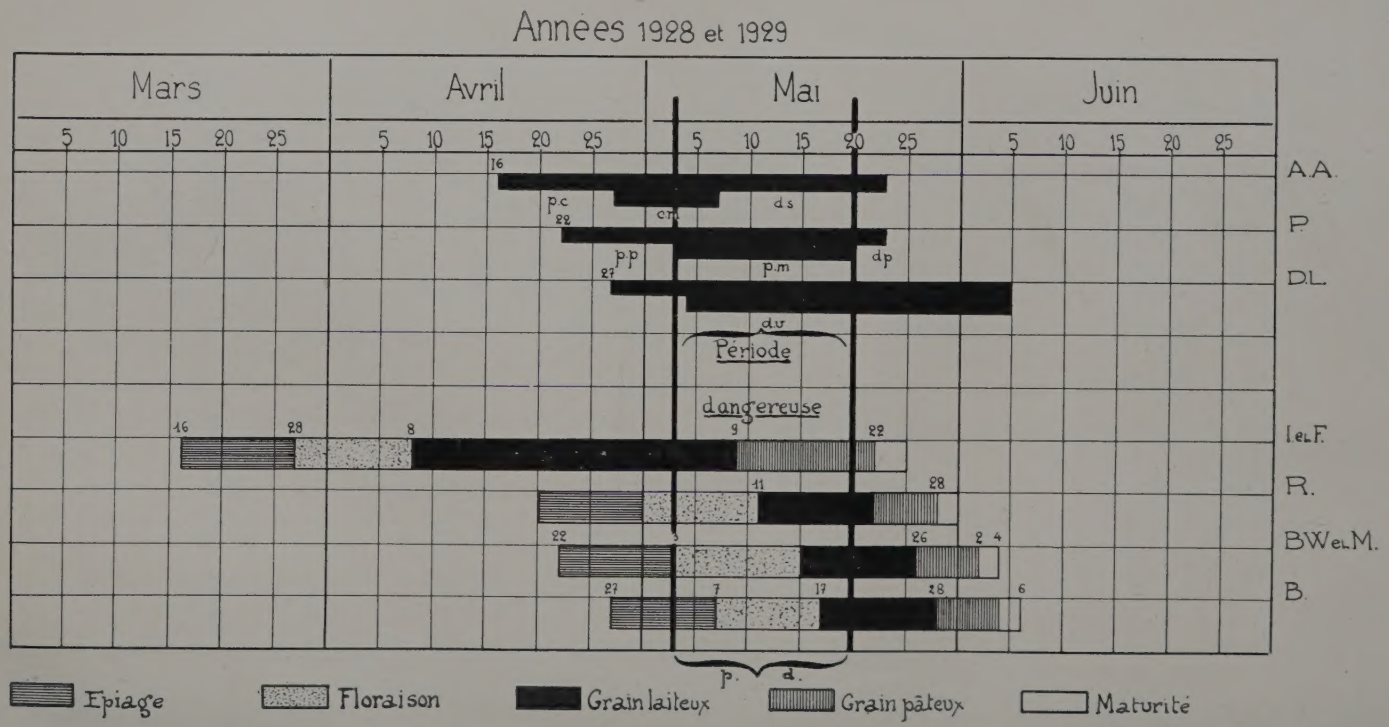


TABLE DES MATIÈRES

Pages

Étude sur les Aurantiacées. — L. Guillochon..... 1

Remarques morphologiques et physiologiques sur le bouturage. — Albert Petit..... 31

Energie fongicide de certains sels halogénés de cuivre et de mercure vis-à-vis de la carie du Blé, en fonction de la concentration. — Cas des solutions et des mélanges pulvérulents. — Albert Petit.. 57

Essais de stérilisation partielle d'un sol constamment humide. — Résultats préliminaires obtenus avec le Blé tendre. — Albert Petit.. 71

Action de la gelée sur les céréales à l'époque de l'épiaison. — F. Bœuf et Ch. Chabrolin..... 79

Les terres du Service Botanique de Tunisie à L'Ariana. — L. Yankovitch 107

Emploi des engrais azotés dans l'Afrique du Nord. — L. Yankovitch. 119

Recherches sur les chlorures apportés au sol par l'atmosphère. — Henri Soulmagnon..... 163

Comportement du Pachytychius avulsus Faust (charançon nuisible aux grains de blé immatures) au Service Botanique et à l'Ecole coloniale d'Agriculture de Tunis. — Th. Pagliano et J. Séguéla... 175